

ÉTUDES SUR L'EXPOSITION DE 1878

TOME VII

ART INDUSTRIEL. — INSTRUMENTS DE MUSIQUE
ÉVENTAILS. — BIMBELOTERIE. — ENSEIGNEMENT DU DESSIN
VERRES ET CRISTAUX. — PHOTOGRAPHIE. — GÉNIE RURAL. — GÉNIE
CIVIL. — MÉTHODE GRAPHIQUE. — INSTRUMENTS DE PRÉCISION, DE PHYSIQUE ET DE
NAVIGATION. — MACHINES-OUTILS A TRAVAILLER LE BOIS ET LES MÉTAUX
PETITES MACHINES-OUTILS ET INSTRUMENTS EMPLOYÉS DANS DIVERS
TRAVAUX. — IMPRIMERIE. — NOTES COMPLÉMENTAIRES.

La 1re partie des *Annales et Archives de l'industrie au XIXe siècle*, ou *Nouvelle Technologie des arts et métiers*, est composée des *Études sur l'Exposition de 1867*, 8 vol. et un atlas de 250 planches. Prix : br., 80 francs ; rel., 100 francs.

Avis pour la brochure. — La feuille 3 (pages 25 à 28) porte par erreur comme signature : *Tome IV, feuille 8*, et réciproquement pour le tome IV.

Paris. — Imprimerie et librairie de E. Lacroix, rue des Saints-Pères, 54.

ÉTUDES

SUR

L'EXPOSITION DE 1878

ANNALES ET ARCHIVES DE L'INDUSTRIE AU XIXe SIÈCLE

(2e PARTIE)

PUBLIÉES PAR MM.
LES RÉDACTEURS DES *ANNALES DU GÉNIE CIVIL*
AVEC LE CONCOURS D'INGÉNIEURS ET DE SAVANTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

E. LACROIX

Chevalier de la Légion d'honneur. — Ancien officier d'infanterie de marine.
Ingénieur civil — Membre de l'Institut Royal des Ingénieurs de Hollande, de la Société Royale des Ingénieurs de Hongrie, de la Société industrielle de Mulhouse,
de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, etc.

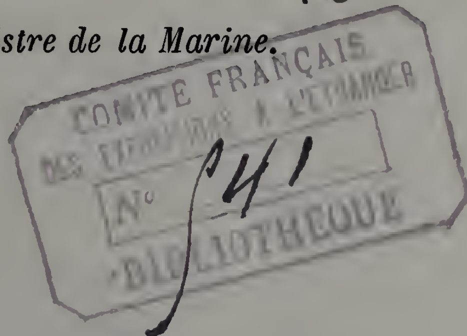
Directeur de la Publication.

TOME SEPTIÈME

ART INDUSTRIEL. — INSTRUMENTS DE MUSIQUE
ÉVENTAILS. — BIMBELOTERIE. — ENSEIGNEMENT DU DESSIN. — VERRES ET CRISTAUX
PHOTOGRAPHIE. — GÉNIE RURAL. — GÉNIE CIVIL. — MÉTHODE
GRAPHIQUE. — INSTRUMENTS DE PRÉCISION, DE PHYSIQUE ET DE NAVIGATION. — MACHINES-OUTILS
A TRAVAILLER LE BOIS ET LES MÉTAUX
PETITES MACHINES-OUTILS ET INSTRUMENTS EMPLOYÉS DANS DIVERS TRAVAUX
IMPRIMERIE. — NOTES COMPLÉMENTAIRES

1 vol. grand in-8, xx-614 pages, avec 236 figures intercalées dans le texte
et 11 planches in-f°.

Ouvrage honoré de la souscription de M. le Ministre de la Marine.



PARIS
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE
Eugène LACROIX, Imprimeur-Éditeur
du *Bulletin officiel de la Marine*, Libraire de la Société des Ingénieurs civils de France,
de la Société des Conducteurs des ponts et chaussées, etc.
54, RUE DES SAINTS-PÈRES, 54
(Près le boulevard Saint-Germain)

ÉTUDES SUR L'EXPOSITION DE 1878

TOME VII

ART INDUSTRIEL. — INSTRUMENTS DE MUSIQUE
ÉVENTAILS. — BIMBELOTERIE. — ENSEIGNEMENT DU DESSIN
VERRES ET CRISTAUX. — PHOTOGRAPHIE. — GÉNIE RURAL. — GÉNIE CIVIL. — MÉTHODE GRAPHIQUE. — INSTRUMENTS DE PRÉCISION, DE PHYSIQUE ET DE NAVIGATION. — MACHINES-OUTILS A TRAVAILLER LE BOIS ET LES MÉTAUX
PETITES MACHINES, OUTILS ET INSTRUMENTS EMPLOYÉS DANS DIVERS TRAVAUX. — IMPRIMERIE. — NOTES COMPLÉMENTAIRES

TABLE DES MATIÈRES

L'art industriel, par M. Ernest Demay, architecte (p. 1 à 28).

Les instruments de musique, par M. Hervé, professeur à l'association polytechnique (p. 29 à 67, fig. 1 à 18).

Les éventails, par Mme Burée, professeur (p. 69 à 77, fig. 1 à 7).

Bimbeloterie, par Mme Burée, professeur (p. 78 à 117 fig. 1 à 20).

L'enseignement du dessin, par M. Léon Horsin-Déon, peintre, professeur de dessin dans les écoles de la ville de Paris (p. 119 à 142).

Les cristaux, par M. A. F. Noguès ingénieur civil des mines (p. 143 à 168, fig. 1 à 6).

La photographie, par M. Paul Nancey (p. 169 à 200, fig. 1 à 10).

Le génie rural. Machines agricoles, par M. J. A. Grandvoinnet, professeur à l'Ecole nationale d'agriculture de Grignon (p. 201 à 254).

Génie civil. La construction. Outillage et procédés des différents corps d'état, par M. F. Husson, constucteur (p. 255 à 327, fig. 1 à 21).

La méthode graphique et les appareils enregistreurs. Leurs applications aux sciences physiques, mathématiques et biologiques, par M. le Docteur Gustave Le Bon (p. 329 à 432, fig. 1 à 63).

1re PARTIE : LA MÉTHODE GRAPHIQUE ET SES APPLICATIONS.

2e PARTIE : LA MÉTHODE GRAPHIQUE COMME MOYEN DE RECHERCHES.

3e PARTIE : INSTRUMENTS EMPLOYÉS PAR LA MÉTHODE GRAPHIQUE. APPAREILS ENREGISTREURS.

Instruments de précision, de physique et de navigation, par M. Garnault, professeur à l'École Navale (p. 433 à 512, fig. 1 à 27).

Machines-outils à travailler le bois et les métaux, par M. Husson, constructeur (p. 513 à 542, fig. 1 à 22).

Petites machines-outils et instruments employés dans divers travaux, par M. G. Bardin, ingénieur civil (p. 543 à 572, fig. 1 à 33).

I. Instruments de précision.

II. Machines a fabriquer les boutons, a placer les œillets, etc.

III. Machines a fabriquer les épingles, pointes et clous.

IV. Machines pour reliure et papeterie.

V. Balanciers et presses pour divers usages.

VI. Machines de caves.

Imprimerie. Note sur l'Imprimerie nationale, par M. Hervé (p. 573 à 590).

Notes complémentaires.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE DES FIGURES

I. — La musique.

II. — Les éventails.

III. — La bimbeloterie.

VIII. — La méthode graphique.

IX. — Instruments de précision, de physique et de navigation.

X. — Machines-outils à travailler le bois et les métaux.

XI. — Petites machines-outils et instruments employés dans divers travaux.

XII. — Imprimerie.

FIN DE LA TABLE DES FIGURES.

TABLE DES PLANCHES.

FIN DE LA TABLE DES PLANCHES.

L'ART INDUSTRIEL

PAR M. ERNEST DEMAY

ÉTUDE RÉTROSPECTIVE

I. — Découvrir sous le sol lentement exhaussé par la poussière des siècles quelques vestiges éloquents de peuples depuis longtemps disparus, revivre de la vie de générations éteintes et jusqu'alors peu connues, explique facilement l'attrait qui porte vers l'étude de l'archéologie : mais, à côté de cette science, si remplie d'émotions et de surprises, à côté de cette science qui parvient à l'aide des monuments, des monnaies, des médailles, des inscriptions, des ustensiles même qu'elle met à jour, à reconstituer l'histoire morale et politique des peuples, prend place une étude non moins intéressante qui consiste à comparer les débris du passé dans leurs rapports avec les œuvres modernes, spécialement au point de vue des arts et de l'industrie.

Enfin, sans chercher à percer les secrets des premiers âges, acceptant les origines données par les savants sur les progrès de la civilisation et de l'industrie, l'archéologie peut être envisagée à un troisième point de vue : on se trouve alors en présence de l'étude, plus modeste, à laquelle s'adonne l'antiquaire, ou plutôt le collectionneur, étude qui a donné naissance à la manie si attrayante du bibelot.

Faisant défiler sous les yeux émerveillés toutes les richesses du passé, permettant même d'y toucher, l'archéologie, ainsi étudiée, ne vise plus complétement le but scientifique. Toutefois la curiosité n'est pas non plus son seul mobile, car elle cherche à vulgariser le sentiment du beau et tend à améliorer le goût public. Si cela lui plaît, l'antiquaire sait aussi, au milieu de tous ces débris d'autres âges faire surgir les témoins incontestables des essais, des progrès et de la gloire des générations qui nous ont précédés ; il sait, enfin, former de ces épaves les chaînons palpables qui unissent le siècle présent aux siècles écoulés.

C'est pourquoi, si l'étude générale de l'archéologie est intéressante pour un grand nombre, combien doit être attrayante pour tous l'étude spéciale de ce qui se rattache directement à notre passé. En effet l'examen de ces richesses recueillies et conservées, comme de vieux parchemins de familles, dans nos musées et nos collections privées, en nous mettant en communication directe avec ceux qui nous ont devancés, nous permet aussi de retrouver dans le présent les traces d'anciennes coutumes et de vieux usages qui, souvent de nos jours sont plutôt modifiés que disparus ; et de suivre des traditions dont les souvenirs se sont perpétués à travers les siècles et les révolutions ; traditions dont, nous pouvons, dans notre pays analyser encore la continuité due à la nature même de notre caractère national.

Littérature, peinture, sculpture, architecture, arts divers, tout devient dès lors un sujet d'études intéressantes, dévoilant les progrès succèdant aux progrès, jusqu'au moment où l'on se trouve en présence de maîtres souvent imités, mais rarement surpassés.

Si les livres nous enseignent la marche de la civilisation dans les temps les

plus reculés; si, grâce à de savantes recherches, nous savons que pour pénétrer en Orient et en Occident, cette civilisation a dû passer par l'Egypte, la Phénicie, et l'Asie centrale: si les savants nous enseignent enfin que l'on doit à la première de ces contrées l'art de cultiver la terre, que la verrerie et la céramique viennent de la seconde, que la troisième a enseigné à filer la laine et que l'Afrique nous a appris à tisser les étoffes et à fabriquer les tapis, les collections archéologiques, véritables livres parlants, montrent les efforts faits pour imiter ces maîtres ou retrouver leurs secrets perdus: On constate alors qu'avant ces artistes créateurs des merveilles que l'on admire et recherche aujourd'hui,il y a eu toute une époque de tâtonnement et d'enfantement qui correspond aux temps encore barbares de notre pays et forme le plus étonnant contraste avec les années de splendeur qui en Grèce et en Italie précédèrent les invasions.

On voit que si les Romains avaient fait pénétrer dans les Gaules, dont ils s'étaient rendus maîtres, quelques traces du luxe qui était le fruit de leurs conquêtes, ces progrès dus à leur civilisation disparurent foulés aux pieds des envahisseurs et que les hordes de la Germanie et du Nord ne conservèrent que ce qui pouvait séduire leur caractère sauvage.

Puis on se trouve en présence du moyen-âge qui, formé d'éléments peu unis et encore barbares, cherche cependant à s'approprier petit à petit les bienfaits de la civilisation antérieure, résultat auquel il ne parvient, toutefois que lentement et difficilement; Pour que cette civilisation pénètre dans ses mœurs, il faudra, en effet, que le christianisme vienne adoucir son caractère; alors sous l'inspiration religieuse, on commencera à voir dans l'art qui renaît, un but, une idée qui se caratériseront par la recherche du beau idéal en peinture : et l'on assistera à la naissance de cette architecture ogivale qui s'harmonise si bien avec les spendeurs du culte nouveau.

La renaissance composée d'une société définitivement assise utilisera ces premiers progrès pour en atteindre d'autres qui seront immenses et feront sa gloire.

On suit pas à pas les développements qui caractérisent le quinzième siècle et le seizième, pendant lesquels, inspiré par les maîtres de l'antiquité, recherchant à leur exemple la beauté des formes physiques, l'art entre en lutte avec les plus beaux génies de Rome et de la Grèce.

Tout porte alors le cachet de cette grande époque à laquelle succèdera la seconde renaissance qui doit son nom au siècle de Louis XIV. Mais déjà les arts semblent avoir subi un temps d'arrêt dans leur marche, et sous l'empire ils paraissent rétrograder. On se demande alors quel avenir leur est réservé. L'ardeur qui préside de nos jours aux recherches archéologiques, les travaux exécutés sur cette matière par des hommes de savoir, les collections intelligemment ordonnées dont le nombre est si grand, prouvent que le goût pour l'étude des antiquités a pris et prend de jour en jour un développement considérable, aussi ne saurait-on admettre, avec quelques esprits chagrins, que les progrès de l'industrie moderne puissent être le signal de la mort des beaux-arts.

Le beau ne saurait périr, car il est d'essence divine, et se retrouve sous toutes les formes dans la nature. Le modèle étant impérissable ce serait donc l'exécutant qui ferait défaut? Il suffit de voir les merveilles exécutées de nos jours, copies ou originaux pour que cette idée soit promptement écartée.

L'ouvrier habile, l'artiste de génie existent, ce qui manque peut-être ce sont les conceptions originales; c'est l'inspiration qui crée un style. Ce défaut ne proviendrait-il pas de la direction première des études ou même du manque d'études sérieuses? Il faut en effet étudier les modèles laissés par l'antiquité, mais à deux points de vue seulement; soit pour les copier, soit pour y chercher une inspiration créatrice et non imitatrice: car, chercher à imiter le passé, en

empruntant à telle ou telle époque, ce n'est pas créer ; et c'est là où semblent avoir abouti les tentatives de notre époque.

Or, ce défaut d'originalité ne provient-il pas de ce que artistes ou ouvriers qui cherchent des inspirations, ne connaissent pas assez à fond l'histoire de ces temps reculés pour se rendre bien compte du milieu où se trouvait le modèle qu'ils ont choisi, quel qu'il soit et des causes qui lui ont donné naissance.

Du reste il ne faut pas toujours établir une comparaison entre le présent et le passé ; car, les temps sont changés et la vie n'est plus la même : Si, dans les siècles précédents le meuble le plus insignifiant avait son cachet artistique, si la plus humble poterie avait son originalité et son style ; si, enfin, on sentait l'artiste dans le plus modeste ouvrier, c'est que l'excès du confortable n'était pas arrivé où il en est aujourd'hui. De ce besoin général de confortable et de la vie, tout à l'étroit, de nos jours, est en effet née la vulgarité des formes dans tous les objets d'usage général ; mais là s'arrête cette décadence forcée : si une réaction doit avoir lieu, et elle est, ce nous semble déjà commencée, si l'originalité qui paraît bannie de nos beaux-arts renaît, ce sera certainement à l'étude des beaux-arts anciens que sera dû ce résultat. Aussi cette étude doit-elle être encouragée par tous les moyens.

N'étant pas assez versé dans la science archéologique pour entreprendre son histoire, travail confié à notre savant collaborateur M. Dufréné, nous nous réservons un rôle plus modeste : laissant de côté toute la partie scientifique, ne touchant même pas à l'étude comparative de l'art ancien et de l'industrie moderne, notre but est simplement de parcourir l'exposition rétrospective de 1878 en amateur de bibelots. Nous arrêtant seulement aux meubles, aux armes et à la céramique, nous en examinerons l'origine, la fabrication, les transformations, cherchant, en quelques lignes, à indiquer l'histoire de ces objets qui datent d'époques si éloignées et pourtant si proches de nous.

II. — Pour l'antiquaire, chaque époque renferme des souvenirs instructifs ; aussi les collections peuvent-elles être très-variées, soit que l'amateur y réunisse, ne consultant que son goût, des spécimens de tous les âges et de tous les pays, soit qu'il s'attache, au contraire, à telle ou telle époque, à telle ou telle contrée, à tels ou tels objets.

Médailles, bronzes, pierres dures, terres émaillées, faïences, pâtes vitreuses, verrerie, poterie, terres cuites, orfévrerie, ivoirerie, mosaïques, miniatures, armes préhistoriques, statues, etc, font de ces collections des trésors dont la richesse va toujours en augmentant, la Grèce, l'Egypte, l'Asie, l'Italie, en un mot le monde entier, ayant fourni et fournissant encore aujourd'hui son tribut : chaque jour, en effet, la terre vaincue par la science, dont elle se fait la complice, livre à la curiosité inassouvie du savant et de l'artiste les trésors qu'elle renferme depuis tant de siècles.

On peut même dire que quelle que soit la partie des pays connus où l'on porte ses recherches, on voit sortir du néant tout un monde de merveilles ; et, qu'ils proviennent d'Herculanum qui nous divulgue ses secrets, qu'ils sortent des tombeaux de Tanagra, qui s'ent'rouvrent pour nous laisser admirer ces délicieuses statuettes, compagnes jusqu'alors fidèles de ceux dont elles devaient être l'image, ces trésors servent à constater aujourd'hui à quel haut degré les beaux-arts étaient parvenus dans les époques de l'antiquité la plus reculée.

Puis à côté de l'antiquité, ces collections comprennent le présent, c'est-à-dire l'histoire des dix-huit siècles qui précèdent le nôtre.

Pour beaucoup, c'est sur cette partie surtout, que doit porter l'intérêt de l'exposition rétrospective, car on y trouve tous les modèles du beau tel qu'il a été compris par nos ancêtres, modèles que l'on peut et que l'on doit encore

suivre aujourd'hui : aussi allons-nous en parcourir rapidement les divisions principales, avant d'examiner dans leurs détails les sujets que nous devons traiter.

Cette seconde partie comprend deux grandes époques : le *moyen-âge* et *la renaissance.*

Le moyen-âge, chacun le sait, renferme les années qui s'écoulent entre la chute de l'empire Romain, en 475 et la prise de Constantinople par Mahomet en 1453.

Pour la renaissance, les uns la font dater de 1453, les autres du règne de François I, 1515 ou de Henri II, 1547.

Les invasions des barbares de 475 à 800, en jetant partout le trouble et la désolation, font au commencement du moyen-âge disparaître presque complétement et de tous côtés, le commerce, les sciences, les lettres et les arts. C'est tout au plus si l'Italie conserve quelques échos de son brillant passé ; le réveil ne s'accentue qu'au XIIe siècle ; et pourtant sur toutes ces ruines qui ont fait la gloire de l'Egypte, de l'ancienne Grèce, et de l'Italie, l'architecture seule restera debout.

Toutefois ce spendide passé ne devait pas périr tout entier, car Constantin, amateur des beaux-arts, en présence de cette dévastation générale, a réuni à Byzance les plus beaux modèles de l'antiquité et des artistes fugitifs : et c'est de ce refuge contre la barbarie que jaillira la lumière qui doit se répandre de nouveau sur le monde.

L'influence due à cette époque sera telle, qu'il en naîtra un style ; le style Byzantin, qui imprimera son cachet sur tout : et Byzance conservera cette suprématie jusqu'au jour où anéantie par Mahomet II en 1453, les artistes qu'elle protégeait, fuyant en Italie, porteront à la cour de Laurent de Médicis leurs œuvres et leur talent.

Ce sera cette époque illustrée par Léonard de Vinci, Perrugin, Michel-Ange, Titien, Raphaël qui donnera le jour à ces temps de splendeur que l'on nomme la Renaissance.

Ces époques étant ainsi bien fixées, voyons quels sont les caractères généraux qui les distinguent.

Les arts, nous l'avons dit plus haut, réfugiés à Byzance, ne se relèvent pas avant le Ve siècle ; au moment où ils commencent à renaître, s'inspirant maladroitement de l'art grec, ils acquièrent un cachet spécial reconnaissable à sa roideur et au peu de flexibilité des figures. C'est ce qui constitue ce style Byzantin, style qui dominera pendant tout le moyen-âge.

L'architecture romane du VIe au XIe siècle, servira de type pour les meubles et les objets d'art et les quelques modifications que subira ce style au XIIIe siècle seront dues à l'influence religieuse qui en adoucissant les mœurs adoucit aussi les lignes ; et les modèles empruntés à l'orient en se mêlant au vieux Gothique donneront un aspect moins dur aux œuvres Byzantines.

Des progrès seront aussi constatés au IXe siècle, toutefois ce ne sera qu'au XIe qu'il sera possible de chercher à spécifier les règles définitives du style Byzantin ; c'est surtout dans l'architecture, les meubles, les ivoires et l'orfévrerie que l'on suivra ces transformations.

Pour l'architecture, nos vieux monuments sont des témoins faciles à consulter on y remarque l'élévation de leurs arcs, et l'on constate que les plafonds plats disparaissent, remplacés qu'ils sont par des voûtes.

Quant aux meubles, il en reste peu de ces époques, et il faut en général s'en rapporter aux auteurs : or, dans ces sources qui du reste sont abondantes on constate que, suivant le goût de l'époque, ces meubles affectaient principalement les formes et les décors employés en architecture.

Les mobiliers des églises et des châteaux se faisaient remarquer plutôt par le prix de la matière employée à leur confection que par l'élégance des formes.

Presque tous les meubles, objets de luxe, étaient en or, en argent, en bronze doré et souvent incrustés de pierres précieuses: Cette richesse se retrouvait aussi pour tout ce qui était destiné au culte. Autels, châsses, reliquaires, etc. Dans tous les ouvrages on trouvera comme exemples les deux sièges d'or et la table de même métal, œuvres de St-Eloi pour le roi Dagobert; la table d'argent de St-Remy, les tables d'or et d'argent de Charlemagne, puis principalement le fameux reliquaire de St-Remy qui se trouve encore à Reims.

L'ivoirerie, l'orfévrerie, les émaux, les sceaux et les médailles formant des collections relativement très-complètes, ce sera surtout sur ces objets que l'on pourra faire des études et suivre les étapes que nous venons d'indiquer.

Les progrès faits par les arts et par l'architecture pendant le XIIe siècle et pendant le XIIIe nous conduisent à la Renaissance.

S'inspirant des œuvres des anciens et de celles du moyen-âge, cette époque, qui a sous les yeux les chefs-d'œuvre de l'antiquité jusqu'alors inconnus ou laissés dans l'oubli, se fera une place toute spéciale dans l'histoire : Beaux-arts, sculpture, peinture, architecture, lettres et philosophie porteront l'empreinte de son cachet. La finesse, la légèreté et la grâce, plutôt que la grandeur se rencontreront dans ses œuvres d'art: Elle donnera enfin naissance au style qui porte son nom et qui en architecture se distinguera par le plein ceintre chargé de la riche parure de l'ogive, mêlant aux arabesques et aux rinceaux les moulures légères empruntées à l'architecture antique.

En un mot, depuis François Ier jusqu'à l'empire, chaque règne formera époque, ayant son caractère et ses artistes célèbres.

III. — Antiquité, moyen-âge, renaissance, chacune de ces époques a eu ses historiens, et chaque souvenir artistique se rattachant au passé a été étudié à tous les points de vue. Prenez une faïence, un bronze, un meuble, un émail, vous trouverez dans des auteurs spéciaux la provenance de ces objets, leur mode de fabrication, leur mode d'ornementation, le nom même de l'artiste qui souvent n'a signé ces pièces que d'un monogramme.

En présence de ces travaux, il faut avouer qu'il reste peu à glaner, surtout pour celui qui, reconnaissant parfaitement son ignorance, ne cherche qu'à s'instruire, en satisfaisant sa curiosité et son amour du beau.

C'est donc, nos auteurs en main, que nous allons, principalement en ce qui touche notre pays, jeter un coup d'œil rétrospectif sur les meubles et les armes, heureux, si tout en rendant hommage à leur science, nous pouvons extraire de leurs nombreux ouvrages, quelques renseignements qui intéressent celui qui n'a pas le loisir d'étudier. Pour la céramique, laissant de côté les livres, nous nous en rapporterons à nos propres études et surtout aux leçons qui nous ont été données sur cette matière par notre savant ami, M. de Lérue, dont tout le monde connaît la collection à Rouen et dont chacun surtout apprécie le talent.

Toutefois, tout en cherchant à relier l'art industriel passé à celui de nos jours, insistons sur ce point, qu'il ne faut pas, en dehors de l'intérêt historique, que l'admiration pour les œuvres anciennes soit non plus trop exclusive.

C'est surtout dans ces expositions que cette remarque s'impose, car on a sous les yeux, exceptionnellement, ces pièces de belle et grande fabrication, qui faites de nos jours, prouvent, comme nous le disions déjà plus haut, que nos ouvriers sont, certainement, tout aussi capables que ceux des siècles passés de produire des œuvres admirables. Ces artistes ont d'autant plus de mérite, qu'aujourd'hui, leurs œuvres d'un prix forcément élevé, trouvent trop peu souvent d'acquéreurs; ils les exécutent donc, par amour de l'art, sacrifiant à ce culte du beau, de fortes sommes et un temps précieux. De plus, ce chef-d'œuvre dans quelle condition a-t-il été exécuté. C'est souvent un véritable tour de force, dont

on peut, du reste facilement se rendre compte. En effet, cet objet d'art, sortant de la production ordinaire, quoique parfait a été travaillé par une main trop rarement exercée. De plus, l'artiste qui sait que son travail restera la plupart du temps invendu, s'arrête devant des essais toujours très-dispendieux, et devant l'acquisition même d'un outillage nécessaire.

Aussi, dans ces conditions, produire spécialement pour l'art devient impossible, lorsqu'il faut en même temps assurer son existence.

Pour ne plus revenir sur ce sujet, qu'il nous soit permis de citer, à cet effet un passage extrait d'un rapport sur les objets d'or et d'argent à l'Exposition de Vienne en 1873 qui nous semble pouvoir s'appliquer à toutes les industries dont nous avons les travaux sous les yeux. MM. Rouvenat et Fontenay, membres du jury international s'exprimaient ainsi. « La mode des collections a captivé outre « mesure, l'attention des amateurs riches. Il est résulté de cette admiration « par trop exclusive des bijoux anciens, une sorte d'indifférence à l'endroit de « la bijouterie moderne, qu'on classe de parti pris, et sans se donner la peine « de l'examiner de trop près dans un ordre très-inférieur. On croit que nos ou- « vriers sont incapables de rien produire d'aussi beau, d'aussi fini, d'aussi ori- « ginal que les anciens ; on reproche à notre époque d'être dénuée de caractère « et de style.

« Nous affirmons qu'on commet là une grande erreur ; nous croyons qu'on « est généralement injuste envers elle.

« Nous possédons des ouvriers fort intelligents, dont il serait facile de diriger « l'habileté dans une voie plus élevée. Nous avons des artistes capables ; portés « par la force de leurs aspirations personnelles vers la réalisation du beau. « Mais, hélas ! ils n'ont guère de chance d'utiliser leurs talents qu'en pastichant « habilement des pièces anciennes, qui s'en vont augmenter les collections, « forcés qu'ils sont de sacrifier au goût du jour, réduits d'ailleurs, par la néces- « sité de vivre, à l'impuissance de lutter contre un pareil courant. Car, c'est « presque toujours aux dépens de son intérêt qu'on cultive l'art dans l'industrie, « et l'homme qui accomplit cet acte de courage, voit souvent ses efforts mé- « connus, et reste spectateur de fortunes que font, sous ses yeux, d'autres « moins soucieux que lui du culte de l'art.

« Il faudrait que ceux qui se dévouent à cette tâche ingrate fussent recher- « chés et soutenus par des *mécènes* intelligents, comprenant que l'amour et le « sentiment du beau ne sont pas choses passives qu'il suffit d'afficher, mais « qu'elles obligent, comme toute noblesse, celui qui les possède.

« Nous ne nous dissimulons pas les périls de cette tâche ; nous savons que les « produits de l'art coûtent cher, et qu'il faut que le temps ou la mode en aient « consacré la valeur pour que la foule les admire ; nous savons encore qu'on « ferait quelques écoles : mais la tentative est digne d'être risquée, elle hono- « rera ceux qui la feront, et nous nions, en tout cas, qu'on puisse, sans l'avoir « faite, juger notre époque aussi sévèrement.

« C'est donc presqu'une collaboration que nous demandons aux riches ama- « teurs, qui, exclusivement épris des idées à la mode, se rendent en quelque « sorte complices d'une décadence dont ils croient avoir à se plaindre et que « nous nions. Qu'ils regardent autour d'eux et sans parti préconçu, ils pourront « reconnaître la vérité de nos paroles, en constatant comme nous la réalité des « efforts qui se font dans l'industrie, qu'ils s'associent à ces efforts, en achetant « avec un goût éclairé : qu'ils recherchent les belles choses seulement, qu'ils en « provoquent la fabrication et délaissent enfin le produit banal qui brille à bon « marché, ou celui qui n'est qu'une enseigne de richesse, et la France leur de- « vra une part des succès qu'elle obtiendra dans les luttes industrielles à venir. »

Le passage de ce rapport relatif à l'influence de la consommation sur la production, peut, nous le répétons, s'appliquer à presque toutes les branches de l'art industriel.

Notions générales sur les meubles. — Rentrons dans notre cadre, et disons tout d'abord quelques mots des meubles qui, dans les expositions et les collections sont généralement en assez grand nombre. Ceux que l'on rencontre le plus fréquemment sont les bahuts, les huches, les armoires, les crédences et les dressoirs, les cabinets, coffrets, tables, lits, fauteuils et chaises. Les ouvriers qui amenuisaient le bois, d'abord soumis à la juridiction du maître charpentier du Roi, formèrent une corporation à part en 1290. Cette corporation, dite des huchers, ou faiseurs de huches et d'huis, vit ses statuts modifiés en 1371, puis en 1382 : ses privilèges confirmés par Charles VI en 1396, augmentés par Louis XI et Henri III, furent complétement modifiés en 1645.

Les premiers statuts de cette corporation spécifiaient les ouvrages auxquels ses membres pouvaient travailler; les huchers ne construisaient pas seulement les bâtiments, ce sont eux qui faisaient les coffres, les armoires, les bordures de tableaux, les lances, les fûts d'arquebuse, les formes, les métiers destinés à certaines industries (passementerie, broderie, rubannerie), les coffres de voitures, les treillages. Ce sont eux enfin, qui faisaient les meubles, même les plus délicats : ces travaux devaient être faits avec solidité et soin, les statuts de 1645 spécifiaient ces conditions. « Les couches et couchettes, de quelque bois, lon-« gueur, largeur, hauteur que ce fût : les buffets de salles, dressoirs, tables de « chambres, cabinets et autres ouvrages de bois de chêne, noyer, ébène et au-« tres de couleur ; les tables pour tirer, les tables à desservir, les bois de lit « pour couvrir de velours, d'écarlate, de drap vert ou autre couleur et étoffe ; « les tables sur tréteaux, sur chaises et autres meubles. » Tous ces meubles devaient être proprement faits « en assemblages, tournures, taillés à la mode « française, antique, moderne, marqueterie ou autre invention. »

Il était enfin défendu d'employer de l'ébène verte pour de la noire, et du poirier avec de l'ébène, ou tout autre bois de couleur.

La marqueterie rentrait dans les attributions des menuisiers, et en 1776, ils ne formaient avec les ébénistes, les tourneurs et les layetiers, qu'une seule corporation.

Les meubles anciens, et nous pouvons en juger, par ceux parvenus jusqu'à nous, étaient en effet construits avec une solidité remarquable. Il est même facile de suivre les changements curieux apportés dans leur confection.

Peu nombreux, les mêmes meubles se trouvaient à l'origine chez le seigneur et le bourgeois, ne différant que par la richesse de l'ornementation : ainsi, partout se rencontraient la grande armoire, la huche et le bahut, et ces meubles dans leur construction, leur ornementation subirent à peu près les mêmes modifications.

Du reste les meubles de l'époque du moyen-âge sont fort rares aujourd'hui. Au XIIe siècle ils affectaient les formes architecturales; Massifs, ils étaient ornés de peintures souvent faites sur fond or. Ce genre emprunté à l'Italie se perpétua pendant le XIIIe et le XIVe siècle.

Les églises, les cloîtres et les palais possédaient de riches armoires, servant les unes à serrer les vases sacrés et les vêtements sacerdotaux, les autres, les riches vaisselles et les armes: la différence résidait seulement dans le choix des sujets d'ornementation : jusqu'au XIVe siècle ces armoires furent plutôt peintes que sculptées: Les panneaux pleins, formant vantaux étaient recouverts d'une préparation spéciale, de toile, de cuir, de parchemin; puis ces enduits étaient

ornés de peintures. Fort larges, ces panneaux, étaient composés d'ais assemblés à grain d'orge ou même simplement collés ; mais ils n'étaient ni barrés ni emboîtés.

Ce n'est que vers la fin du XIIIe siècle et au commencement du XIVe que la sculpture se joint à la peinture à laquelle on ajoute le gauffrage et la dorure.

Peu profonds, hauts et larges, ces meubles étaient ornés de ferrures travaillées avec art.

Vers le XIVe siècle, cette polychromie sur les meubles devient plus rare, les moulures et les sculptures la remplacent. La confection du meuble n'est plus la même, les panneaux sont moins larges, ils ont de 18 à 20 centimètres, c'est-à-dire la largeur d'une planche et sont maintenus par un encadrement. Toutefois les assemblages sont encore faits carrément ; l'assemblage d'onglet ne se trouve nulle part ; mais, les montants et les traverses formant des parties saillantes, sont ainsi disposées à recevoir de la sculpture.

Les progrès faits par la menuiserie en meubles pendant le XIVe siècle et le XVe sont très-marqués, c'est à cette époque que les panneaux des côtés au lieu d'être unis, sont ornementés et l'on y trouve, fréquemment, une sculpture imitant une feuille de parchemin en partie pliée ; les moulures et les ornements sculptés prennent alors une grande importance : et, à la fin du XVe siècle, on trouve des figures et des bas-reliefs taillés au milieu des décorations architectoniques du style ogival. Les serrures de ces meubles ne sont pas incrustées dans le bois, mais simplement appliquées et tenues par des clous rivés. Ces clous, devant être enfoncés au marteau, on plaçait entre la serrure et le bois de l'étoffe ou de la peau de couleur, pour amortir les coups ; or, comme ces serrures étaient richement travaillées et souvent à jour, ces papiers ou peaux de couleur formaient un fort joli effet, qui, plus tard, fut reproduit dans les serrures, mais alors comme ornementation : Les pentures en tôle étaient aussi souvent ouvragées.

Les armoires des XVIe et XVIIe siècles ne sont pas très-rares : du reste ce meuble s'est perpétué jusqu'à nos jours ; il n'y a pas une ferme où l'on ne trouve aujourd'hui la grande armoire de chêne ou de noyer, qui dans les villes est devenue l'armoire à linge et l'armoire à glace : il en est de même pour l'antique bahut qui après avoir servi à son origine, de coffre à effets, de coffre de mariage se retrouve maintenant dans nos antichambres servant à contenir le bois : Transformation que l'on peut suivre pour presque tous nos meubles d'un usage journalier.

Le bahut fut, en effet, la malle primitive servant à serrer les vêtements et pouvant se transporter : plus tard, sa grandeur le rendit stable ; et il devint alors suivant les besoins, coffre, table ou banc. Comme l'armoire on le rencontre partout, dans les églises, chez le riche seigneur et chez le pauvre. Plus long que large, une fois qu'il cesse d'être la véritable malle, il repose sur quatre pieds bas, son couvercle est armé de pentures ou charnières, et il est fermé par une serrure plus ou moins ornée suivant la richesse de ses décors. A l'origine, il est simplement formé de ais en bois, et les ferrures servent à relier les planches entre elles : Lorsqu'il est élevé sur pieds, les montants de ces pieds servent alors à embreuver les planches formant les côtés.

Pendant les XIIIe et XIVe siècles, la richesse de leur ornementation suit celle des appartements ; couverts de sculptures, on peut cependant remarquer que ces meubles comme tous les autres brillent plus par le style que par l'exécution. C'est ce qui les distinguera des meubles de la Renaissance où l'exécution au contraire l'emporte sur la composition.

Pendant les XVIe et XVIIe siècles, le bahut est un des meubles qui fait partie de tous les intérieurs ; ceux qui nous restent de cette époque sont nombreux :

Dans les salles des gardes sous, Louis XIII, ils servaient de bancs, et de coffres, quelques-uns avaient des dossiers.

Parmi les meubles confectionnés par les huchers, se trouvent aussi, les crédences: C'est le buffet sur lequel on déposait les vases destinés à faire l'essai: La crédence se retrouve dans tous les mobiliers du xve siècle: Enrichie de sculpture et de serrurerie fine elle a parfois un dossier, sur lequel sont sculptés les armes du seigneur ou un dais souvent orné de médaillons. C'est la servante du règne de Louis XIV, que nous avons vue il y a encore trente ans, mais qui est peu connue aujourd'hui, et que remplacent nos buffets de salle à manger.

Il faut aussi citer le dressoir et le buffet en usage principalement au xive siècle.

Sous François Ier les meubles comportent des bas-reliefs, des figures de haut relief et de ronde bosse; les encadrements, empruntés à l'architecture tiennent de l'art italien. Les lits sont à baldaquin avec des colonnes ou des figures; et fortement ornés de sculptures: les crédences ont des pilastres à figures ou à chimères, et leurs vantaux sont aussi chargés d'arabesques. Les armoires ont leurs angles flanqués de colonnettes cannelées; enfin les buffets, les bahuts, les coffres de mariage, sont aussi très-ornés et quelquefois incrustés de marbre.

L'emploi de l'ébène se généralise sous Louis XIII, ce bois sert à faire des armoires, des tables et surtout des cabinets, petite armoire montée sur quatre pieds, et fermée par deux vantaux; imitation du meuble italien, le cabinet renfermait nombre de tiroirs et fut surtout à la mode pendant le xviie siècle.

Sous Louis XIII les colonnes torses se retrouvent dans presque tous les meubles, et l'on commence à voir les placages en écaille, avec incrustation de nacre et d'ivoire, la mosaïque, la lapis-lazuli, et les encadrements en cuivre doré, repoussé et à jour sont à la mode.

Nous avons parlé des lits, il faut ajouter que ce meuble qui fut en usage dès la plus grande antiquité, avait cela de particulier jusqu'au xiiie siècle qu'il était plus élevé au chevet que du côté des pieds: fort luxueux au xiie siècle, le lit prend des proportions énormes au xve siècle, il a sept pieds de long sur six de large; il y en a même de plus grands.

Ce n'est qu'à la fin du xve siècle que l'on trouve le prie-dieu, car, avant les églises n'avaient ni chaise ni banc; ce meuble ainsi que les reliquaires en bois étaient enrichis de sculptures par les meilleurs ouvriers.

Les collections comptent un grand nombre de beaux meubles du xve siècle, l'art italien domine et l'on y admire les coffres de mariage qui nous viennent de cette époque et du siècle suivant.

Sous Louis XIV, à côté de l'ébène travaillé, on trouve les meubles ornés de marqueterie et de mosaïque; puis, le métal vient enrichir ces travaux, le bois est incrusté d'étain, d'écaille, de cuivre et d'argent, et Boule est cité comme chef d'école pour ses meubles incrustés de cuivre. Sous Louis XV les ornements de cuivre continuent à être à la mode, mais la ligne droite est moins en faveur et l'on voit à cette époque des commodes à ventre rebondi faites en amarante et en bois de rose. Les guirlandes de bronze doré ornent ces meubles dans lesquels s'incrustent, parfois, des médaillons de porcelaine, genre dû à Riesener et qui resta à la mode pendant la fin du xviiie siècle sous Louis XVI, et si les formes sont grêles, l'ensemble du moins a une grande légèreté et n'est pas écrasé par les cuivres à jour et les ornements de bronze doré qui sont alors employés.

Sous l'Empire, avec le style imité du Grec et du Romain, apparaît l'acajou qui règnera en maître pendant le xviiie siècle. Ornés à l'origine de filets de cuivre, à la fin de la Restauration les meubles en acajou plein ou plaqué auront seuls la vogue, jusqu'au moment où tous les styles passés reparaîtront à la fois.

Comme on le voit, nous voici bien loin des travaux des huchers ; et, en effet, au XVIIIe siècle les ébénistes ont pris déjà une telle importance dans cette communauté que le nom de menuisiers-ébénistes a remplacé celui de huchers-menuisiers.

Voyons maintenant ce qu'étaient les ouvriers qui travaillaient à orner ces meubles.

Nous trouvons en première ligne les serruriers qui, comme les menuisiers, formaient à Paris une communauté dès le XIIIe siècle. A la tête de cette corporation, qui devait subir des modifications sous Charles VI, François Ier et Louis XIV, se trouvait à l'origine le maître maréchal du roi qui, plus tard, fut remplacé par un syndic.

Les maîtres-serruriers de Paris avaient droit de maîtrise dans toute la France. La discipline de cette communauté était très-sévère, et en 1607 un serrurier, d'après Lamarre, fut condamné à mort et exécuté pour avoir, sur une empreinte de cire, fait une fausse clef qui servit à commettre un vol.

A toutes les époques, la serrurerie s'est trouvée représentée par des œuvres remarquables. Dès le XIIIe siècle, le fer était forgé avec habileté ; tourné, aminci, buriné avec souplesse, ce métal servait à confectionner les ornements les plus gracieux pour les grilles qui ornaient les églises et les châteaux : armatures de fer, landiers, candélabres, pentures, charnières, étaient œuvres de serrurerie, et tous ces travaux rivalisaient de grâce, de goût et de délicatesse avec les sculptures sur bois et sur pierre de ces époques. Les serrures et les clefs étaient surtout l'objet d'un soin tout particulier, et nous admirons encore aujourd'hui les serrures, les clefs, les verrous, les marteaux de porte et autres menus objets travaillés pendant les XVIe et XVIIe siècles.

Les deux petites portes de la façade de Notre-Dame et la grille de la galerie d'Apollon au Louvre sont des exemples de difficultés vaincues qui font de la serrurerie un art plutôt qu'un métier.

Le bronze qui devait orner les meubles aux XVIe et XVIIe siècles n'était certainement pas une invention nouvelle. Connu des anciens sous le nom d'airain, le bronze était depuis bien des siècles employé en Orient. Utilisé par les Romains et les Gaulois, les auteurs font mention de statues de bronze des Xe, XIe et XIIe siècles. Au moyen-âge nous voyons ce métal servant à faire des reliquaires, des encensoirs, des ciboires, des croix et des coffrets, et il est même employé déjà à la décoration de certains meubles. Des corporations de fondeurs existaient du temps de saint Louis, qui sous François Ier firent de grands progrès, grâce à l'influence italienne. C'est à ce moment que l'on trouve le nom de Benvenuto Cellini qui, tout en important les modes de fabrication de son pays, n'hésite pas à s'approprier ceux qui sont employés dans le nôtre. L'emploi du bronze s'étendit sous Louis XIII, et pendant la régence d'Anne d'Autriche on voit apparaître les ornements en bronze doré qui décorent le Val-de-Grâce. C'est de cette époque que datent les statues de Louis XIII et de Louis XIV enfant, que nous pouvons admirer au Louvre.

Deux établissements royaux furent créés pour cette industrie sous Louis XIV, l'Arsenal et les Gobelins.

C'est de la fonderie de l'Arsenal, organisée en 1684, que sortirent les bronzes monumentaux de cette époque, et dès 1667 la manufacture des Gobelins répand le bronze dans l'art industriel. Les dessins de Lebrun servent de modèles pour les bronzes dorés qui ornent les meubles des châteaux royaux. C'est de cette époque que datent les meubles d'ébène ornés avec un goût remarquable par Domenico Cucci, et ceux incrustés dus à Boule, Berrain, Lafosse, Lepaute donnent des dessins pour ces ornementations.

Plus élégant et plus fini le travail du bronze, sous Louis XV, perd d'un autre

côté de son style. Il prend les formes les plus légères, en suivant les dessins d'Oppenord, de Meissonnier et de Boucher; mais il devient maniéré.

Sous Louis XVI renaît le goût pour les modèles antiques. La ciselure se perfectionne et Gouttière attache son nom à la découverte et à l'emploi pour les ciselures de la dorure au mat.

Sous l'Empire le style s'inspire non-seulement de l'antiquité, mais encore des souvenirs de l'Égypte jusqu'au moment où les fouilles d'Herculanum et de Pompeï viennent lui donner une autre direction plus en rapport avec la décoration et l'ornementation des meubles.

A côté de l'exécution qui se perfectionne, il faut enfin citer l'invention de Darcet qui, en construisant le fourneau d'appel, préserve l'ouvrier contre les vapeurs mercurielles sortant des appareils à dorer.

D'après les statuts des maîtres fondeurs, en date de 1573, cette corporation pouvait fondre, commencer et parachever, les croix d'église garnies de crucifix et autres dépendances de la croix, les ciboires, les encensoirs et autres choses qui se peuvent fondre et mouler en sable. Ils fondaient aussi, achevaient et réparaient les boucles, les anneaux, les crochets et autres objets de cuivre et laiton destinés aux harnais; les éperons, bossettes, étuis et clous de fonte, de laiton et de cuivre; les montures, cloches, lampes, réchauds. Les sonnetiers, les ciseleurs et les faiseurs d'instruments de mathématiques, faisaient en 1714 partie de cette corporation.

Les Lorrains paraissent avoir été les fondeurs jouissant autrefois de la plus grande réputation, pour la fonte des statues, canons, cloches, en un mot pour les grands ouvrages.

Les méthodes nouvelles pour la fonte ne pénétrèrent en France qu'à la renaissance, enseignées par les maîtres Italiens; mais les progrès les plus remarquables datent du règne de Louis XIV.

Il faut ici citer les travaux de fonte sur cire perdue, qui, en 1830, prirent une certaine importance, et dont le résultat est de rendre avec une fidélité très-grande, et sans beaucoup de retouche, l'œuvre de l'artiste.

Enfin ce sont ces fondeurs qui de nos jours exécutent une grande quantité d'objets de décoration mobilière, tels que candélabres, lustres, etc.

A côté du fondeur se trouve le ciseleur, le monteur et le tourneur; anciennement ces industries n'étaient pas complétement séparées de celle du bronze; mais à partir du XVII[e] siècle la ciselure fait des progrès qui n'ont jamais été dépassés, et forme une industrie à part à côté de laquelle se plaçent les tourneurs qui dressent sur le tour les parties rondes et les enclavent les unes dans les autres, puis les monteurs qui dressent les parties unies à la lime et ajustent l'ensemble.

La dorure jusqu'au XV[e] siècle fut imparfaite, et ce n'est qu'en 1573 que nous voyons ces artistes former une communauté à part qui devient la communauté des maîtres doreurs, argenteurs, damasquineurs, ciseleurs et enjoliveurs sur fer, fonte, cuivre et laiton. Depuis la fin du règne de Louis XV jusqu'à nos jours, cette industrie a fait des progrès constants.

Puisque nous avons parlé des dorures sur bronze, disons quelques mots des dorures sur bois.

Nous avons vu qu'au moyen âge il était d'usage de dorer les statues et les ornements en pierre, en plâtre et en bois; les doreurs faisaient partie de la communauté des maîtres peintres et sculpteurs. Suivant leurs statuts, ils pouvaient dorer les statues, les bordures de tableaux, les glaces, les miroirs, les baguettes, les pieds de tables, de chaises et de guéridons, de lits et autres meubles; enfin les ouvrages destinés aux églises. Il leur était défendu de se servir de cuivre ou de laiton et ils ne pouvaient employer l'argent coloré, connu sous le nom de vernis, à moins de mettre leur nom au revers de leur œuvre, et d'y

inscrire cette mention : *Argent vernis sans or*. On ne pouvait employer l'or faux que pour les décorations de spectacles, de théâtres.

Pour terminer cet aperçu des meubles, encore un mot relativement à la peinture. Au moyen-âge la peinture n'était qu'un art décoratif : meubles, murailles de palais et d'églises étaient en effet recouverts de peinture. Les statues et les détails d'architecture étaient peints après avoir été mis en couleur. Les peintres et les tailleurs imagiers formaient alors une seule corporation, et ce n'est que sous François Ier que la peinture artistique s'introduisit en France.

NOTIONS GÉNÉRALES SUR L'ART CÉRAMIQUE.

I. — A en juger par les documents épars que nous a légués l'antiquité, il est évident que la poterie de terre plus ou moins cuite, plus ou moins bien façonnée, a été l'un des premiers besoins et en même temps l'un des premiers *arts* des hommes réunis en société.

On retrouve encore parfois, de nos jours, dans les ruines accumulées de l'ancien monde, quelques débris informes de la poterie primitive des Ariens, des Mèdes, des Cophtes et des Assyriens.

Quant aux documents de même nature recueillis dans le Delta d'Égypte et dans le sol si tourmenté de la grande Grèce, ils sont un peu moins rares, les derniers surtout. Nos musées et nos collections en possèdent un bon nombre; dont l'âge ne peut pas être évalué à moins de deux à trois mille ans. Ces produits révèlent déjà, dans l'art de façonner la terre et de l'orner par le moulage et par l'enluminure, de notables progrès, que n'ont point su dépasser les Romains du haut et du bas Empire, lesquels furent plutôt, comme on le sait, des continuateurs et des importateurs, que des créateurs en matière d'art.

Il faut reconnaître qu'en général la poterie antique proprement dite *l'art de terre* selon la définition de Bernard de Palissy ne justifie que d'une façon relative et conventionnelle l'engouement dont elle est devenue l'objet. Nous attribuons cet engouement à l'intérêt qui s'attache à tout ce que nous transmet la connaissance des mœurs, des usages et de l'histoire d'un passé dont la physionomie lointaine s'est à demi effacée. L'homme qui vit si peu de temps aime, à se procurer ainsi l'illusion de la durée; de même que le paralytique aime le récit des voyages, et le pauvre les descriptions de l'abondance.

La céramique, telle que nous la comprenons à la suite des progrès accomplis par la civilisation, la céramique ne nous semble un *art complet* qu'à cette condition : que les formes même soignées et élégantes de la matière travaillée, soient rehaussées par l'éclat d'une décoration empruntée à la *peinture*.

Cet agent complémentaire, bien mieux que de simples moulures imposées par le potier à la matière grossière sur laquelle il s'exerce, nous paraît seul capable de donner la note vraie et durable d'une idée, d'une composition artistique qui ait à représenter les tendances et la physionomie d'une époque. Il permet toutes les variétés d'aspect par lesquelles l'art se manifeste diversement sans cesser d'être intelligible.

Ces observations synthétiques ne s'appliquent bien entendu qu'à la céramique poterie (Keramos) qui fait le sujet restreint de cette étude.

Elles ne contrarient en rien l'impression, bien autrement saisissante, qui résulte, pour l'artiste et l'homme de goût, de l'aspect de certaines œuvres de *terre cuite* restées nues, c'est-à-dire non recouvertes de glacis ou de peinture, et qui n'ont pour unique décor que la beauté de la ligne et le charme de l'expression.

Telles sont, vous l'avez deviné, ces terres cuites de la Grèce antique qu'un intelligent esprit de recherches est parvenu à retrouver, après deux mille quatre cents ans, dans les cendres des hypogées d'Athènes, de Corinthe, de Nycènes, et, en dernier lieu, de Tanagra, une petite bourgade de la Béotie. Ce sont, à côté d'ampoules minuscules, de petits bijoux et même de jouets en simple argile durcie par le feu, des statuettes de types et d'attitudes variés, dans lesquelles il est impossible de méconnaître un art local, arrivé à l'expression la mieux finie et la plus vraie, qui semble propre au génie de la race Dorienne. Rien, dans ces merveilleuses représentations de la figure et de l'attitude humaines ne rappelle, même de loin, les antécédents de la sculpture Assyrienne et Égyptienne. Ce sont de véritables statues qui, dans leur format réduit à de minimes proportions, donnent l'idée du plus grand art, bien qu'elles paraissent, par leur destination à des sépultures ordinaires, l'œuvre journalière et courante d'une fabrication localisée.

Or, il ne viendra à la pensée de personne de comparer ces remarquables produits d'art, avec ceux, cependant contemporains, des *céramistes* grecs.

Il y a, entre eux la même différence que l'esprit conçoit aujourd'hui lorsqu'on distingue les *œuvres* du grand art moderne, des *ouvrages* de l'art industriel, ou, en d'autres termes, de ce qu'on appelle improprement à notre humble avis l'industrie art.

Nous croyons, en effet, qu'il y a eu et y aura toujours, entre l'art proprement dit, l'art essentiellement créateur, divers et varié comme la nature, et les produits les plus achevés de l'industrie routinière et servile par essence une distance considérable, distance qu'une dénomination plus ou moins flatteuse ne saurait rapprocher.

Les plus beaux surmoulages, les reproductions galvanoplastiques les plus réussies, les photographies, si bien retouchées qu'elles soient à ce point que le soleil, dit-on, en est jaloux, tous ces ouvrages ne seront jamais, dans la manifestation de la beauté. que les collatéraux éloignés des œuvres inspirées directement par le sentiment et la raison, et traduites magistralement par l'ébauchoir du sculpteur, la pointe du graveur, la brosse du peintre.

Le sculpteur a eu généralement peu à se développer, à varier et à créer dans la confection des ouvrages de la céramique proprement dite. Là, il s'appelle tout simplement un potier. C'est un ouvrier obéissant qui a ses heures de fantaisie, mais qui revient toujours à la tradition du type primordial que l'usage industriel lui commande. Les plus belles olla, les œnochoé les plus tourmentés, les amphores les plus élégantes, les rhytons et les cratères les plus singuliers, reviennent toujours, chacun selon son espèce, à un type uniforme et à peu près invariable

C'est le décorateur, c'est le peintre qui a donné principalement à tous ces vases d'un usage vulgaire le cachet et la valeur qui les distinguent aujourd'hui; et, lorsque celui-ci était lui-même enchaîné par les lois de la tradition religieuse ou symbolique, son travail a laissé à désirer. Il suffit de signaler, dans la céramique Egyptienne, persane ou grecque, le défaut capital de la représentation des figures humaines, qu'on ne savait pas alors *faire tourner*, qui dès lors ne sont jamais vues que dans un profil sans ombres, sans modelés et par conséquent sans perspective.

Les origines de la véritable *céramique d'art* doivent donc, pour nous, être placées, non pas dans l'antiquité grecque ou même orientale, mais dans ce mouvement de renaissance de l'architecture de la peinture et de la sculpture qui s'est affirmé au xve et au xvie siècles, d'abord en Italie, avec les Della Robbia, puis en Allemagne avec les Botger, les Hirschvogel, enfin en France avec Bernard Palissy et ses continuateurs.

Parallèlement, toutefois, à l'époque de la peinture hiératique et relativement barbare des vases grecs et étrusques, nous savons aujourd'hui que l'extrême Orient était en possession de fabriquer un genre de céramique dont la solidité, l'ornementation et le décor n'étaient pas sans mérite artistique. Mais les anciennes *Porcelaines* de la Chine, de la Corée, du Japon et de quelques autres contrées de l'Inde, malgré le prix qu'on attache à leur singularité, à leur éclat, et à l'ancienneté reconnue de leur production, n'avaient pas plus que la céramique grecque, cet incontestable caractère d'art ou *l'indépendance et la poésie de la pensée* se révèlent.

Des fleurs, des dessins tourmentés et irréguliers semblant avoir pour mission de se moquer de la nature, parfois des figures hétéroclites tirées de la genèse d'Indra ou des transformations du Bouddhisme, toujours des représentations d'un symbolisme aussi barbare qu'indéchiffrable, constituaient la règle invariable de cette antique fabrication, où la liberté et la clarté du génie des arts n'avaient absolument aucune place. Nous ne les mentionnons donc que pour ordre, nous hâtant de rentrer dans ce courant créateur, dans cette genèse d'inspiration et de goût régulier qui seuls, au XVIe siècle, en Europe, ont fixé avec tant d'éclat la règle souveraine des travaux de l'imagination.

II. — Est-ce à l'Allemagne, est-ce à l'Italie qu'il faut attribuer le mérite d'avoir originairement en Europe fabriqué la faïence d'art ?

Il reste encore quelques doutes historiques à cet égard. Les distinctions que plusieurs auteurs ont voulu faire entre les produits à émail plombifère ou stannifère et les glaçures à reflets métalliques, ne résolvent pas la question. A l'origine de cette fabrication, chacun apportait, reprenait, modifiait, selon le plus ou le moins de réussite, son contingent d'efforts; et il ne faut pas oublier que la chimie considérablement agrandie par l'expérimentation analytique, ne faisait alors que de tâtonner, et qu'elle n'a fixé que beaucoup plus tard les principes qui ont présidé à l'application rationnelle de maintes découvertes.

Les uns, mais ce sont plutôt les spécialistes d'Outre-Rhin, signalent vers le commencement du XVe siècle, et même un peu au-delà, l'apparition à Nuremberg et à Cologne, ainsi qu'à Delft (Hollande) de beaux carreaux de faïence à émail stannifère. D'autres prétendent que la première impulsion, les premiers essais en ce genre sont dus à *Faenza*, d'où le nom de cette terre émaillée, appelée alors *majolica*, aurait été naturellement tiré.

On voit, en tout cas, que dès le XVIe siècle cette fabrication s'y trouvait depuis assez longtemps acclimatée, à ce point que, selon l'historien Mézeray, plusieurs fabriques établies *en Provence*, en 1592, y avaient été antérieurement fondées par d'anciens potiers, modeleurs et décorateurs venus de Faënza.

Quoiqu'il en soit de cette dispute, peu importante, d'antériorité, le mérite de l'Italie est certainement d'avoir vulgarisé dans l'Europe méridionale le goût des faïences artistiques; et cela n'empêche nullement qu'il ait pu se trouver, longtemps auparavant, sur plusieurs points de l'Allemagne, des ateliers produisant aussi une sorte de faïence autrement décorée, mais moins riche d'aspect et moins finie dans la partie picturale de sa composition.

N'est-ce pas aussi vers le même temps que la poterie émaillée à glaçure principalement plombifère, à dessins orientaux dérivés de l'antique et que l'on appelle peu exactement faïence hispano-arabe (des îles Baléares de l'Espagne et de la Sicile), s'est produite avec un cachet particulier n'ayant aucune relation avec la renaissance générale des beaux-arts?

L'école des Hirschvogel, en Allemagne (Nuremberg) et celle des Della Robbia de Florence ont pu, étant à peu près contemporaines, se disputer la priorité de

la découverte et de la propagation de certains procédés. Mais en somme, par l'aspect comme par l'effet du décor, leurs produits sont aussi différents que le sont, dans un autre ordre d'idées, les flores du Midi et du Nord.

On peut, sans injustice, mettre d'accord les compétiteurs en considérant les premiers comme les promoteurs des belles fabrications du nord de l'Europe, et les seconds comme ceux des plus remarquables produits qui imprimèrent successivement l'impulsion aux ateliers provençaux, puis à ceux de Lyon et de Nevers.

Quant aux produits, essentiellement variés, des nombreuses fabriques qui ont fonctionné à Rouen *au moins* depuis le règne de Louis XIV, ces produits tiennent, à n'en pas douter, et c'est là un signe non remarqué jusqu'à présent, des deux origines Allemande (par Delft) et Italienne (par Nevers), avec un cachet de régularité voulue, de solidité, de sobriété et de bon goût qui est propre au style français aussi bien qu'à la race normande.

Ces observations étant rapidement présentées, nous reprenons l'ordre chronologique. Il nous permettra de marquer plus clairement les progrès et de mentionner à leur place les particularités intéressantes de l'art qui nous occupe selon les milieux où il s'est manifesté.

III. — C'est vers 1480 qu'on place l'invention et l'emploi de l'émail stannifère en Italie, par le plus illustre et le plus complet des céramistes Européens *Lucca Della Robbia.* L'application du procédé dût être rapidement généralisée puisqu'on connaît à Sèvres un plat de faïence de *Gubbio*, daté de 1485.

A peu près à la même époque, il est prouvé qu'on fabriquait à Rouen de la verrerie et de la faïence d'art, puisque Charles VIII y donna, en 1492, des lettres patentes aux artistes verriers et faïenciers. Toutefois cette double fabrication paraît être restée localisée, et l'on n'en retrouve aujourd'hui la trace persistante que vers le milieu du XVIe siècle. C'est à cette origine que l'on a pu, sans s'écarter de la vraisemblance, attribuer le Colombier de Boos, près Rouen, décoré de carreaux émaillés dans le genre de ceux du château d'Ecouen, qui portent la date de « *1542 à Rouen* » et l'anagramme armorié d'Anne de Montmorency.

A *Delft* (Hollande) on connaissait au commencement du XVIe siècle plusieurs fabriques dont les marques, interrompues vers 1620, sont parvenues jusqu'à nous. Leur origine et le caractère de leurs produits paraissent être d'abord tout entiers allemands. On y excellait dans les paysages avec figures représentant des sujets idylliques, le décor en camaïeu bleu dominait. Ces fabriques ont produit, en grand nombre, des ustensiles de ménage, des plaques et des revêtements de poêle d'un dessin délicat. Puis, à partir de 1518, à la suite du retour des Portugais de leur excursion au-delà du Cap de Bonne-Espérance, les types se modifient en se multipliant et ils empruntent beaucoup au décor des *porcelaines chinoises* dont l'apparition en Europe est due à ce grand événement.

Mais Bernard Palissy venait de naître (1510). La merveilleuse industrie d'art des Della Robbia, qui avait fait durant un siècle la fortune céramique de l'Italie, commençait à devenir moins soutenue par le goût des Italiens eux-mêmes. La mode y avait accompli une de ses inexplicables révolutions; et le descendant attristé de Luca (Jérôme Della Robblia) se trouvait obligé, pour tirer parti de ses talents, de venir les mettre au service de François 1er.

La construction du château de Madrid, par Givolamo, construction interrompue par la mort du *Roi de la Renaissance*, et achevée par Philibert de L'Orme sous Henri II, en 1550, fût la dernière occasion qu'eût le céramiste italien d'utiliser pour l'ornement des édifices, « les anciennes majoliques devenues pavés ».

Philibert n'était même plus partisan de ce mode d'emploi, auquel, paraît-il le génie de l'architecture française n'a jamais donné son acquiescement.

Dans l'intervalle, (1520 à 1531) s'étaient, comme nous l'avons dit, établie, en Allemagne, à *Cologne*, à *Nuremberg*, plusieurs importantes fabriques de faïence qui surent profiter pendant quelque temps du concours d'ingénieux et naïfs artistes locaux pour la décoration de leurs terres émaillées, carreaux de poêle et ustensiles de ménage, ainsi que de jolis médaillons et « de plaisantes statuettes ».

Mais la *réformation* luthérienne eût bientôt sur ces intéressants produits une action restrictive, qui s'est fait sentir également, à la même époque, sur l'indépendance des compositions de *Delft*.

Ces ouvrages, en effet, en vinrent à faire abstraction des sujets religieux que les dessinateurs catholiques avaient jusque-là multipliés, au grand avantage du symbolisme, de la variété des formules, et des délicatesses de l'art italien.

On voit dès lors les ateliers de céramique Allemands, désertant brusquement l'étude du spiritualisme, se renfermer dans les arcanes d'un style monotone, qu'ils ne parviennent à relever que par la satire, les sujets galants, et une mythologie appropriée à la pesanteur de l'esprit et du dogmatisme germaniques.

Les figurines de *Nuremberg*, sous la main des *Hirschvogel* sont toutefois honorablement sorties de cette ligne vulgaire de la production locale (1539 à 1600). Il en fut de même des ustensiles céramiques de *Bayreuth* qui, depuis la fin du XVIe siècle jusqu'au XVIIIe ont gardé un rang distingué dans la fabrication allemande.

Les produits les plus remarqués de cette industrie d'art ont toujours été du reste décorés en tons assez gris; le brun y dominait, ce qui a fait dire à un auteur compétent « qu'ils ressemblaient fort, quoique en moins bien, aux ouvrages de Palissy. »

Cette décadence relative ou si l'on veut ce stationnement dans le progrès du goût laissait donc la voie ouverte à l'apparition des « rustiques figulines » comme les appela plus tard l'énergique périgourdin.

Attendons que *Palissy* grandisse à la gloire de la France, et mentionnons vers 1540, une fabrication des Pays-Bas qui s'est prolongée jusqu'à 1620, pour disparaître alors complétement. La production des grés ornementés, si justement recherchés aujourd'hui, fut une véritable trouvaille sans précédent dans l'antiquité et dans le moyen-âge.

Cet art, essentiellement septentrional par tous ses caractères, a marqué une étape intéressante dans le mouvement de la céramique, et nous ne sommes pas éloigné d'admettre qu'il a, un siècle et demi plus tard, en Angleterre, été l'inspirateur des beaux travaux en grés cérames des Elers et des Wedgwood.

On connaît les *grés de Flandre*, avec leurs fonds gris un peu rugueux, leurs formes sobres et solides, leur décor en camaïeu d'un bleu intense à reflets métalliques, et leurs ornements d'étoiles, de tréfles, de fleurs de lis (*sic*) et de mascarons produits par l'application de *pastillages* de pâte imprimés. Ces grés, qui réfléchissent vivement les rayons solaires forment toujours une note harmonieuse dans les collections artistiques.

Le dernier des Della Robbia avait ouvert la route d'Italie en France: Benvenuto Cellini y parut à son tour (1540 à 1545). L'action pénétrante de ce grand talent, qui travaillait la terre, lui aussi, ne fut certainement pas sans influence sur les progrès de l'ensemble de nos beaux-arts. Son œuvre complexe, primesautière, a agi d'autant plus sur l'esprit de nos artistes, qu'elle procédait davantage d'une indépendance « qui ne reconnaissait pas d'*école* et qui n'avait pas la prétention d'en créer une. »

La fabrique de *Rouen*, qui avait subi le temps d'arrêt que nous avons signalé et qui fut général, en céramique, au commencement du XVIe siècle (Brongniart,

Marryat, Potier, Duchemin, etc.), la fabrique de Rouen reparaît avec éclat à ce moment physiologique où le progrès s'affirmait de toutes parts.

M. le duc d'Aumale possède, et nous savons qu'il y tient comme à l'un des plus beaux fleurons de son héritage, deux tableaux peints sur carreaux de faïence à émail stannifère, représentant les dévouements historiques de Mutius Scevola et de Curtius. Ces œuvres magistrales, dont l'auteur, évidemment rouennais, n'est pas encore connu, proviennent du château d'Ecouen; ils portent dans cette mention : *A Rouen 1542*, l'incontestable preuve du haut rang qu'avait atteint, dès cette époque lointaine, la céramique rouennaise.

Celle-ci s'honorait, alors, en 1549, d'un artiste célèbre qui pourrait bien être l'auteur de ces deux pièces capitales : Maclou Abaquesne (Macutus Abaquesne, *figulus* chronologia inclytoe urbis Rothomagensis de La Marc).

Vers 1560, Louis de Gonzague, duc de Nevers et prince de Mantoue, crée de toutes pièces la belle fabrique de *Nevers*, où la céramique proprement dite, d'abord au type italien (Italonivernais) et la verrerie d'art, expression modifiée de l'art supérieur des émailleurs limousins, ne devaient plus cesser de produire des œuvres remarquables jusqu'au milieu du XVIII[e] siècle. Ses pièces en bleu perse avec des rehauts fleuronnés en jaune d'or, ses grandes vasques en polychrôme, ses potiches rivalisant avec le Japon, ses figurines délicates en émail soufflé, devenues aujourd'hui très-rares, qui se fabriquaient pour être données en cadeau aux princes visitant leur cousin Nivernais (1), sont principalement recherchés.

Ajoutons que, même à l'heure de la décadence qui a atteint, à la fin du XVIII[e] siècle, toutes les fabriques de céramique de France, sans excepter même les manufactures royales, Nevers a eu l'ingénieuse idée de donner une prolongation de notoriété à ses usines en produisant la série de ses *assiettes de la République*. Un maître collectionneur aussi bien qu'écrivain humoristique qui recherche aujourd'hui pour le *conserver* officiellement ce que les révolutions ont dispersé, les a décrites. C'est généralement assez peu artistique, mais c'est historique et amusant...

Revenons sur nos pas.

Des lettres patentes de Henri IV, du 20 mars 1600, donnent leurs premiers statuts aux faïenciers parisiens, dont les produits, *en faïence*, n'ont été toutefois connus dans le monde de la collection qu'à partir du commencement du XVIII[e] siècle. La Saintonge, où s'était retiré Bernard Palissy, eut aussi vers 1808 des lettres patentes du roi.

L'année 1610 est marquée, dans l'histoire de la céramique, par l'expulsion définitive des maures d'Espagne, et M. Brongniart, une autorité qui a été souvent notre garant dans cette étude, rapporte aussi, à ce moment, la fin de la fabrication des faïences hispano-arabes, à lustre métallique.

---

(1) Deux exemplaires au musée de Nevers; deux autres chez un collectionneur de Rouen, M. d. L.

LA FAIENCE DE ROUEN

Pendant ce temps l'industrie céramique rouennaise avait paru, pour la seconde fois, sommeiller. Mais elle va brillamment réapparaître pour ne plus abandonner le premier rang.

En raison de son expérience, antérieurement constatée, des lettres patentes royales lui sont accordées le 27 août 1644, et les privilèges qu'elles confèrent lui seront continués jusqu'au XVIII[e] siècle, à chaque mutation de famille ou création nouvelle.

Il faudrait, non une notice de quelques pages, mais les développements d'un gros volume pour parler convenablement de l'industrie d'art dont Rouen a été le centre et le promoteur incontesté en France durant ces deux siècles.

Mais ce volume existe, l'*Histoire de la faïence* de Rouen, œuvre posthume d'un érudit qui fut en même temps un homme de goût et un véritable et consciencieux artiste, M. André Potier, rendrait une reproduction aussi peu modeste qu'inutile.

Nous nous bornerons, pièces en mains, à décrire succinctement les progrès et les variations, les types les plus accentués de cette fabrication, qui a fait la fortune et la célébrité de plusieurs familles, et qui, en s'associant une véritable légion d'artistes modeleurs, chimistes et décorateurs, a entretenu si longtemps en Normandie le culte des ouvrages de goût.

Rouen tirait ordinairemen ses artistes de son propre fonds. Plusieurs d'entre eux, qui ne signaient que d'une croix et étaient complétement illéttrés, n'en ont pas moins laissé des œuvres de grand style. Les Chapelle et les Caussy eux-mêmes, les auteurs des sphères terrestres et célestes du musée de Rouen, des machines hydrauliques servant de surtouts de table, des commodes à tiroirs, des plats polychromes, des assiettes-tableaux historiques ou mythologiques, ces artistes *de primo cartello* n'étaient pas de grands clercs.

Les manufacturiers, depuis Poterat et Poirel de Granval (1644-1656) jusqu'aux Fouquay, Caussy, Heugue, Lecoq et Villeray Guillibaut, etc. (1660 à 1770) usèrent aussi parfois du talent des meilleurs ouvriers Hollandais, Nivernais, Lillois, Alsaciens et même provençaux, sauf à communiquer à leur tour à ces contrées diverses ceux de leurs propres ouvriers qui aimaient à changer de lieu et qui, d'ailleurs, obéissaient ainsi à la tradition corporative du *Tour de France* ou d'Europe.

C'est ainsi qu'on rencontre parfois soit dans les pièces faites à Rouen, à l'aide de la terre particulière et bien reconnaissable d'Emendreville (1), soit dans les œuvres créées à Nevers, Lille, Marseille et ailleurs, des noms et des intentions picturales qui ont fait longtemps le désespoir du collectionneur chronologiste.

Il est cependant, dans le *Rouen*, des caractères, un aspect, une touche, *sui generis*, qui, à défaut d'annotation, permettent de fixer la décision à leur égard.

La céramique de Rouen est généralement d'une pâte un peu épaisse et lourde. Dans les plats, les assiettes, ses concavités sont rarement profondes. La matière est moins sonore que celle du *Nevers*, moins fine et plus poreuse que celle du *Delft;* ce qui obligeait à une plus grande épaisseur de la couverte.

(1) *Saint-Sever*, faubourg de Rouen, où *toutes* les fabriques de faïence avaient établi leur siège.

Selon les fabriques, et aussi selon l'époque, la transparence de l'émail varie entre les nuances du blanc teinté de bleu, du blanc grisâtre et légèrement ardoisé, ou du blanc laiteux ou verdâtre. Ces différences, moins sensibles dans la première époque que dans la suite, proviennent en grande partie de la vaporisation, au feu, des couleurs du décor, qui ont parfois répandu sur les fonds restés nus comme un nuage emprunté à quelques degrés de la décomposition des teintes.

Dans la première époque de 1600 à 1700, le *Rouen* est presque constamment à décor en camaïeu, c'est-à-dire unichrôme, bleu sur fond blanc. La peinture à réserves y domine.

A partir de 1700, l'emploi du pourpre de Cassius, du jaune d'or, du rouge ocre et d'un vert plus ou moins accentué, transforme l'aspect de cette production qui abandonne le camaïeu pour le polychrôme.

Mais la transition de l'un à l'autre régime est charmante. Elle obtient ces beaux et grands plats circulaires, octogones et sexagones, ces assiettes à décor étoilé, au *Marly* décoré de guipures et de pendentifs qui forment le style dit *rayonnant*.

L'apogée de l'art du céramiste est atteinte ; elle ne sera plus dépassée quand nos artistes auront produit ces merveilleuses pièces qui sont aujourd'hui, tant par leur singulier éclat que par les hauts prix qu'on leur attribue, le *summum* de toute riche collection.

Nous parlons des pièces où, au milieu d'arabesques, d'entre-lacs, de pendentifs, de motifs combinés, d'un goût excellent, s'accentue un sujet (enfants ou amours dans diverses attitudes) tracé en camaïeu bleu sur un large fond de jaune ocré (1) qui flatte l'œil et fait abmirablement ressortir la finesse des dessins accessoires et la délicate harmonie d'un ensemble qui est le triomphe de l'art décoratif.

Chacun de ces plats, chacune de ces assiettes hors ligne, toujours fort rares parce qu'ils n'étaient faits que sur commandes aristocratiques, excite à bon droit l'envie des riches amateurs (2) et mérite, en réalité, *sans comparaison avec toute autre faïence connue*, d'être exhibé dans un encadrement d'or.

A partir de ce point, ou même parallèlement, la faïencerie rouennaise s'exerce, dans le genre polychrôme, à satisfaire les goûts les plus variés, rendus difficiles par ses succès mêmes, et pendant cinquante ans encore, jusqu'au milieu du règne de Louis XVI, elle façonnera et décorera, comme objets de fabrication courante, de très-belles pièces de différents types.

C'est la troisième époque.

Celui de ces types qui, comme son auteur *Guillibaut*, est le mieux caractérisé, consiste en sujets dus à l'imitation orientale, paysages chinois, pagodes, etc., et en quadrillés à réserves, rouges ou verts, où pourtant se maintient encore la tradition du style normand. En d'autres termes, c'est l'assemblage très-réussi de la fantaisie des décors exotiques, avec la rectitude et la régularité du dessin national.

Caussy, Doriot, Chapelle, Vallet, Gardin, Lefebure, pour ne citer que les noms de ceux dont nous venons de toucher les signatures, ont aussi dans cette période et sans autre règle qu'une inspiration souvent heureuse, produit de beaux spécimens de composition qui ont contribué à fixer la réputation des artistes Normands.

(1) Cette invention est attribuée au céramiste *Denis Dorio*.

(2) Nous avons sous les yeux de ces plats qui ont été payés 6,000 francs et des assiettes 1,200 (musée de Rouen).

C'est surtout alors, et par le retentissement qu'obtenait en Europe cette belle industrie d'art, que l'on a vu se former sur un grand nombre de points de la France des usines céramiques dont les produits ne sont pas non plus sans valeur.

N'oublions pas à Rouen les nombreux produits connus sous le nom du décor à la *Corne d'abondance*, souvent signés des noms de *Dieul* et de *Gardin;* un cornet plein ou tronqué, parfois double, des oiseaux, des fleurs, des insectes forment le fond inaltérable de ce décor et lui donnent une variété amusante qui fait passer sur les défectuosités, d'ailleurs conventionnelles, du dessin.

Citons encore, et même à un rang distingué, les produits de *Levavasseur* qui clot à Rouen, vers 1760 à 1780, la liste des céramistes d'art. Ces produits, généralement fins et bien dessinés, rappellent le goût des compositions de la rive rhénane; les *Hanong* de Strasbourg, les Cifflé et Custine de Niederviller et parfois les décors de fleurs et d'oiseaux qui étaient alors en usage pour les porcelaines de la Saxe. Ils ont reproduit aussi avec beaucoup de goût des fragments de paysage de Nanteuil et de Cochin.

On arrive enfin, par une peute toujours trop rapide lorsqu'elle mène à la décadence, on arrive, à la fin du XVIIIe siècle, à ne plus fabriquer à Rouen que des ustensiles usuels de médiocre importance. Les derniers manufacturiers persistants, Légal et Lambert de la Métairie voyaient leur industrie compromise par le désastreux traité conclu par M. de Vergennes en 1786, avec l'Angleterre, et les derniers modeleurs, les derniers décorateurs, entraînés vers les usines à porcelaine qui s'étaient développées à Paris et en Allemagne, ne laissèrent à Rouen leur siège qu'à de simples ouvriers.

Rouen, lui-même, en prévision de la transformation dont un trop brusque et libre échange devait frapper sa faïence d'art au profit des terres de pipe vulgaires, mais à bas prix, de l'Angleterre, Rouen avait tenté de fabriquer la porcelaine. Mais l'extrême rareté des pièces qu'on peut attribuer à cette origine fait voir que ce genre de produits n'y a pas trouvé de grands développements.

LA PORCELAINE

Les premières relations des navigateurs européens avec l'extrême Orient nous avaient fait connaître, dès 1518, la *porcelaine* chinoise. La nouveauté de cette sorte de produits, les singularités de son décor et de ses formes ne manquèrent pas d'exercer une grande attraction sur le génie inventif des céramistes européens. Cependant ce n'est qu'un siècle après, en 1664, que grâce à la compagnie des Indes établie par Colbert, notre commerce régulier, s'étendant jusqu'à la Chine, reçut les belles étoffes et les porcelaines de ces contrées; elles firent l'admiration des artistes et de la Cour. Aussi peut-on reporter à cette époque, c'est-à-dire au règne de Louis XIV, les premières tentatives sérieuses de notre industrie nationale dans la voie de la fabrication des porcelaines et des tissus *de luxe.*

Le kaolin, base de la porcelaine dure translucide, ne fut découvert chez nous qu'en 1680 par *Morin*, directeur de la fabrique de faïence de Saint-Cloud.

En 1695, après de longs et infructueux essais, ce manufacturier parvint à faire, non la porcelaine d'Orient, mais la porcelaine tendre qui a pris le nom de Saint-Cloud. Un artiste habile du nom de *Trou*, la signait ordinairement.

Lister, voyageur anglais, révéla le premier cette découverte et en signala le succès (Marryat, 304).

Sept ans après des lettres patentes confèrent le privilège de la production de porcelaine de Saint-Cloud à la famille Chicanneau, en mentionnant, ce qu'il ne faut pas omettre, que Louis Poterat, de Rouen (le concessionnaire de la faïencerie), était également en possession des mêmes procédés.

Mais ce n'était là encore que de la porcelaine tendre. En effet, la découverte du kaolin d'*Aue* et l'emploi de cette matière par Boettcher ne remontent pas au-delà de 1700.

La véritable porcelaine dure, à pâte blanche et translucide n'est obtenue à *Meissen* en Saxe qu'en 1709, sur les perfectionnements apportés par un certain baron de Tichirnhausen aux procédés de son congénère Boettcher.

En 1718, les frères Chicanneau, qui avaient fait une apparition à Rouen, succèdent à Morin dans la direction de l'usine de Saint-Cloud.

En 1735, un ouvrier infidèle, transfuge de la fabrique de Saint-Cloud, aide à fonder une fabrique de porcelaine à Chantilly.

A son tour, en 1740, cette nouvelle manufacture a aussi ses transfuges. Les frères Dubois, autorisés par le ministre Orry de Fulvy, s'établissent à Vincennes, et, en 1745, le frère du même ministre, sous le prête-nom de Ch. Adam, y obtint un privilège exclusif pour la fabrication de la porcelaine tendre. C'est là que commence la manufacture dite de *Sèvres*, qui ne fut transférée en ce dernier lieu qu'en 1756, et qui ne tarda pas à produire simultanément la porcelaine dure et la pâte tendre.

Toutes les pièces fabriquées entre ces deux époques l'ont donc été à Vincennes.

C'est à partir de 1753 que commence à Sèvres, manufacture royale, la marque des pièces et leur date, indiquée par les lettres de l'alphabet. L'année 1753, à ce titre, n'ayant que trois mois, est désignée par la lettre A.

Depuis le directeur *Boileau* jusqu'à nous on connaît assez l'histoire de la manufacture de Sèvres pour qu'il soit nécessaire d'insister davantage.

Dans la seconde moitié du XVIIIe siècle florissait la fabrique de porcelaine de Sceaux Penthièvre, dont les pièces étaient marquées d'une ancre.

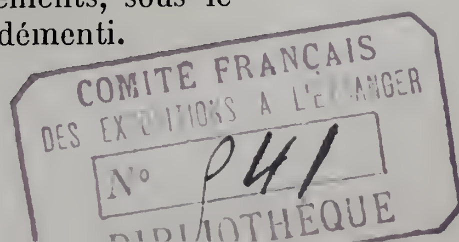
Vers le même temps, Lille, Tournai, Valenciennes, Mennecy Villeroy et plusieurs autres localités, faisaient aussi de la pâte tendre. Celle de Mennecy avait été créée par le duc de Villeroy; elle portait en creux dans la pâte, les initiales de son nom, D. V.; le type de son décor rappelle beaucoup la porcelaine de Saxe.

En 1784, une manufacture de porcelaine dure est fondée à Limoges, peu de temps après la découverte du banc de kaolin de Saint-Yrieix. Les rares spécimens de cette fabrication sont remarquables par l'emploi des bruns opposés à l'or. Après quelque temps d'exploitation, la manufacture est réunie à celle de Sèvres.

Tout le monde apprécie la beauté d'exécution de la porcelaine dure de Sèvres, dont la blancheur, les formes ornementées, le style régulier, tantôt sévère et rappelant l'art grec, tantôt d'une élégance toute française, et les délicates peintures dues au pinceau d'excellents artistes, n'ont actuellement pas de rivaux.

Mais les anciennes porcelaines dures dites de Saxe, celles de Louisbourg, de Marienberg, de Frankenthal et autres qui se sont confinés en Alsace et sur les bords du Rhin, ont eu longtemps aussi une vogue justement méritée. Aujourd'hui encore, les anciens produits finement décorés de cette fabrication entrent pour une grande part dans la composition des riches collections.

Les amateurs délicats ne se bornent pas là. Ils recherchent avec soin les premiers essais faits en France d'un art qui, dès ses commencements, sous le nom de *pâte tendre*, eût un charme particulier qui ne s'est pas démenti.



Ils sont loin également de dédaigner ceux des produits céramiques qui, avec des moyens différents, et sous une forme qui ne s'est qu'imparfaitement perpétuée de nos jours, peuvent être regardés comme *les excentriques* du genre.

L'ART FANTAISISTE.

Au premier rang de ceux-ci, se place l'illustre *Bernard Palissy*. Le citer c'est, pour tous les artiste, décrire une œuvre originale, d'un grand style, que des continuateurs ont essayé de prolonger, mais qui, comme toutes les grandes choses, n'a guère eu de lendemain.

Nous avons signalé en passant les *grés céramiques* des Pays-Bas. Ce sont encore des fruits d'art qui n'ont pas eu de succédanés, malgré les imitations de la Flandre moderne et du Beauvoisis.

Donnons un salut sympathique à la fabrique de porcelaine de *Chelsea*, fondée en 1730 par des ouvriers de Brunswick et de Saxe, et qui rivalise, pour l'élégance exceptionnelle de ses produits, avec notre manufacture de Sèvres.

Citons les grés silico-alcalins des frères *Elers*, de Burslem, de simples potiers qui, à l'aide de moules en cuivre, ont produit de 1690 à 1710 les œuvres artistiques les plus renommées encore aujourd'hui dans le genre de la céramique non décorée par la peinture.

Enfin recueillons avec la déférence qui lui est due le nom de l'illustre Iedediah Wedgwood, ce prince de la céramique anglaise qui, né en 1730, surmontait trente ans après tous ses rivaux par de savantes créations le *queen's-ware*, faïence fine à biscuit dense ; le *grés cérame* dont les figurines en bas-relief s'enlèvent en blanc mat sur bleu azur, les *bazaltes* bruns modelés en reliefs, et d'autres formes encore d'une céramique pleine de goût. Ce savant a excellé dans la plupart de ses travaux, et sa nation lui doit même la fondation d'un village : *Etruria*, formé par les familles des ouvriers qui l'ont accompagné dans sa fortune et dans sa gloire.

Nous en passons, et non des moins intéressants. Mais il faut se borner. L'unique prétention de cette étude était de poser des jalons historiques principaux, de tracer un guide sommaire pour la mémoire, en même temps que de formuler une invitation à approfondir ce genre de recherches. S'il fallait les rendre complètes, si nous avions à mentionner les fabrications secondaires qui ont pour ainsi dire couvert le sol de la France durant trois siècles, nous ne finirions jamais ; et l'impression toute gracieuse que nous laissent les belles majoliques italiennes, les faïences italo-nivernaises, les naïves productions des artistes Allemands et Hollandais, les éclatantes porcelaines de Saxe et de France, et surtout les diamants de la céramique rouennaise, cette impression risquerait de s'affaiblir devant un horizon confus et illimité.

Laissons à l'imagination du lecteur le soin d'étendre et de décorer selon ses goûts et sa fantaisie cette sèche mais véridique nomenclature.

NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES ARMES ANCIENNES (1).

Le besoin rend industrieux, aussi à l'origine des temps, l'homme, abandonné à lui-même, dut-il armer sa main pour se nourrir et protéger sa vie. La première arme fut, certainement, un bâton; puis, à ce moyen d'attaque et de défense, vint se joindre la pierre. Plus tard, le bronze et le fer fournirent leur concours pour créer les engins de préservation et de conquête, engins dont, avec le temps, la perfection devait servir quelquefois à permettre à la force de primer le droit, mais dont le but principal fut et doit être de le défendre.

Les armes de pierre se divisent en trois classes comprenant la pierre taillée par éclats, celle lissée et enfin la pierre polie. Ces armes et outils, pour la pierre taillée par éclats et lissée, se composaient des pointes de flèche, de couteaux, de lames de lance, de haches, de coins, de poignards et de sabres hachettes. Les spécimens les plus beaux sont ceux trouvés dans le Danemark.

Les armes en pierres polies, renfermées dans les musées sont généralement faites en serpentine, granit, basalte, jade, serpentine granitique, pierre noire, obsidienne noire, et calcédoine; quelquefois les armes de bronze ont été trouvées mêlées à celles des époques dites de pierre.

La connaissance des armes antiques est principalement due aux découvertes de certains monuments et bas-reliefs sur lesquels on a pu étudier et reconstituer le passé : les tombeaux sont aussi venus fournir leur contingent de précieux documents.

C'est ainsi que l'on a pu rechercher l'armement des peuples de l'Assyrie et reconnaître que l'emploi du bronze et du fer remontait aux temps les plus reculés.

Pour les peuples américains, hindous et assyriens c'est principalement sur les monuments que l'histoire de leurs armes se trouve écrite.

Il faut ici noter un fait assez curieux, c'est que jusqu'à la découverte de l'Amérique, les peuples de cette partie du monde se sont toujours servis de la pierre, pour confectionner leurs armes, offensives; pour celles défensives, elles étaient fabriquées avec l'or, le bronze, le bois : le casque y était employé dès la plus haute antiquité : et les spécimens du xve siècle, comprenant casques, cuirasses, boucliers, enseignes, sont nombreux.

Sans chercher à donner la description des monuments, Egyptiens, Chaldéens Babyloniens, Mèdes et Perses qui ont servi aux auteurs pour reconstituer l'histoire de l'armement de ces époques, nous nous contenterons de faire remarquer que du xiiie au xviie siècle avant J.-C., le soldat, comme armes défensives, devait porter le casque, le bouclier, le long bouclier de siège dit Pavois, le corselet en lames de métal, la cotte de mailles, les jambières et que sa main était armée de la lance, de l'épée, de la fronde et de l'arc.

Si ces monuments sont rares, il n'en est pas de même en ce qui concerne l'Étrurie, la Grèce et Rome; ici les traces relatives à l'armement sont nombreuses et permettent de reconstituer l'histoire en remontant à 10 siècles avant J.-C.

Les ouvrages traitant de ces époques nous apprennent en effet que les Grecs connaissaient et employaient le bronze et le fer. Ils avaient la cuirasse en deux morceaux, plastron et dossier; cette arme défensive était coulée ou faite au mar-

(1) Voir aussi l'*Art militaire*, t. v.

teau. Le corselet à imbrication était formé d'écailles, ils portaient le casque, le bouclier convexe et rond et les jambières. Leurs armes offensives très-nombreuses se composaient de l'épée d'estoc et de taille à lame droite : courte et large dans l'origine; cette épée plus tard fut longue, pointue et à deux tranchants : le fourreau est remarquable par sa forme carrée; Il y avait la dague, à lame courte et large, la lance et le javelot. Enfin, 400 ans avant J.-C., on trouve la fronde introduite dans l'armement grec. L'armement étrusque suivant les époques est semblable à celui de l'Asie, de la Grèce ou de Rome.

L'armement des Romains et leurs engins de guerre sont aussi bien connus. Les fantassins, les légionnaires et les cavaliers avaient des armes spéciales, qui d'abord en bronze, étaient déjà en fer deux cent deux ans avant J.-C. Les fantassins ou vélites portaient le javelot, l'épée et un petit bouclier rond ou ovale; la tête était préservée par un casque sans crinière; les légionnaires portaient la cuirasse de bronze, le grand bouclier convexe, les jambières et le casque en fer ou en cuir, orné de panaches. Les cavaliers, enfin, avaient l'épée et le javelot, leur bouclier était sexagone, rond ou ovale. Sous Trajan, la cuirasse était en écailles de fer ou de bronze; ces guerriers portaient aussi la cotte de mailles.

Comme principaux engins de guerre, les Romains avaient le bélier, la baliste, la catapulte, le tolleno, bascule servant à introduire les soldats dans les villes assiégées et le char faucheur.

Quant aux Gaulois, ils avaient l'armure faite de deux parties; le bouclier, le casque, la hache, la lance, le javelot, l'arc, et l'épée courte à trois tranchants.

L'histoire des armes scandinaves et germaines étant moins bien connue laissons-la de côté pour dire quelques mots des Francs, avant d'étudier l'armement au moyen-âge.

Les armes portées par les Francs, 450 ans après J.-C. peuvent être reconstituées, grâce surtout aux fouilles faites dans les cimetières mérovingiens : comme armes défensives, ils avaient un bouclier rond et convexe de 0,50 centimètres; fait de bois et recouvert de peau. Les armes offensives étaient l'angon ou le pilum à pointe barbue; la lance (framée) en fer, à lame longue; la hache à un seul tranchant, dite francisque; l'épée mesurant 0,80 centim. de longueur, à l'âme plate, mince, aiguë et à double tranchant, la dague ou coutelas, mesurant 0,50 centim. de long, appelé scramasaxe : cette arme avait un seul tranchant; aiguë, elle était quelquefois évidée au dos afin de la rendre moins pesante. Une ceinture de cuir garnie d'agrafes de bronze supportait ces armes, dont les spécimens sont abondants dans nos musées. Il m'a même été permis de constater l'exactitude de ces documents et de ces descriptions lorsqu'en 1876, j'ai fait exécuter des fouilles dans un cimetière mérovingien que j'avais découvert en Normandie, à Veulettes sur le bord de la mer. Ce cimetière qui doit dater de 400 avant J.-C., fut assurément celui de la ville de Durdent ou du port de Claquedent, ville et port depuis longtemps disparus, mais signalés par M. l'abbé Cochet dans ses travaux sur la Normandie.

Dans ce cimetière, qui, par suite des éboulements produits par les siècles, se trouve aujourd'hui tout près de la mer, au sommet de la montagne qui sépare la vallée de la Durdent de celle de Veulettes, il m'a été donné de mettre à jour nombre d'objets curieux : vases, ornements de femmes et sarcofages d'enfants où étaient déposés des petits ornements de guerrier, appropriés à l'âge de l'enfant décédé.

Voici, en ce qui touche les armes, le détail de quelques-unes, se rapportant à ce que nous disions plus haut. Près des ossements et des vases de terre se trouvaient des agrafes, des plaques et des contre-plaques de ceinturon incrustées cuivre et argent; ces plaques mesurent 0,12 de long sur 0,07 de large, les agrafes ont 0,16 sur 0,08, et les épaulières 0,7 sur 0,7.

Le cercueil d'enfant a $1^m,05$ de long, sur 0,70 de haut. La largeur à la tête est de $0^m,50$ et de 0,43 aux pieds. Le couvercle tectiforme est aplati sur le dessus : Les trois petites plaques de ceinturon qui s'y trouvaient renfermées sont en bronze gravé ; d'autres plaques, contre-plaques et agrafes sont seulement gravées; deux sont incrustées d'argent, tous ces dessins sont de style arabe.

Pour les scramasaxes, deux mesurent 0,55 de long, et ont 0,05 à leur plus grande largeur, d'autres ont 0,56 et 0,52 de long. Les poignées encore garnies des clous qui les maintenaient dans leur enveloppe, ont 0,22. Les lames ont 0,38 de long et sont très-épaisses; les couteaux ou poignards ont, 0,18 et 0,15 de long; les fers de lance de formes différentes mesurent en longueur 0,45; 0,37, 0,35: enfin la hache a 0,15 de long. Comme on le voit on se trouve là en présence de témoins irrécusables, mais il n'en est plus de même en ce qui touche les armes usitées à la fin du règne mérovingien et pour celles du commencement de l'époque Carlovingienne ; aussi pour ces époques est-il difficile de reconstituer l'armement en France.

Quoique les chroniques constatent que Charlemagne et ses guerriers étaient couverts de fer, ce n'est qu'à partir des croisades que les documents sont plus certains.

D'après quelques auteurs on peut cependant certifier au IXe siècle l'existence du casque à timbre bombé et celle du casque conique à nasal, dit casque normand, de la cotte de mailles, du petit bassinet et du long bouclier convexe qui, pointu du bas, a son extrémité supérieure carrée.

En 1195 les chevaliers sont coiffés du heaume, et l'on peut constater aussi qu'à ces époques, les armes défensives changent beaucoup plus que celles offensives. En effet au XIe siècle apparaît le haubert, sorte de tunique descendant jusqu'aux genoux avec manche allant jusqu'au coude.

Le haubert était fait de peau ou de toile, il était couvert de forts anneaux forgés ou de plaques de métal : ces anneaux étaient disposés les uns à côté des autres et se recouvraient en partie. Tantôt cette cotte d'armes était faite de doubles d'étoffe et renforcée par des bandes de cuir reliées par des clous, c'était la cotte treillissée qui fut longtemps en usage, mais très-lourde et n'étant pas à l'épreuve de la lance elle fut, au XIIe siècle, remplacée par l'armure de mailles qui protégeait tout le corps et un capuchon, dit camail, couvrait la tête ; cette cotte était d'une solidité telle qu'elle résistait même au poignard.

Cette armure, à l'époque de Saint-Louis, était portée en France par les gentilshommes, elle pesait de 25 à 30 livres et se passait comme une chemise, il y avait un camail pour la tête et les manches couvraient les mains, la poitrine était en outre garantie par une plaque de fer. Dessous le camail se plaçait le petit bassinet, qui lui-même était recouvert par un vaste casque nommé heaume.

Le bouclier de ces époques était arrondi du haut, pointu du bas et très-long; Enfin le Haubergeon était une sorte de petit haubert, qui fut en usage à la fin de XVIe siècle et qui est connu sous le nom de Jacques. Parmi les armes offensives de ces époques se trouvent toujours l'épée à garde droit et la lance.

A la fin du XIIIe siècle au haubert, déjà plus court se joignent les jambières et les brassards en acier : mais quelle que fut la perfection du travail de ces mailles, si elles préservaient de la pénétration des armes, elles n'empêchaient pas les effets produits par le choc des marteaux d'armes et des haches, aussi l'armure à plaques d'acier, venant d'Allemagne se répandit partout vers le XIVe siècle et remplaça le haubert : les jambes, les cuisses, les bras furent alors protégés par des plaques attenantes aux mailles, c'était un acheminement vers la cuirasse complète, toutefois à cette époque, la partie antérieure des membres était seule protégée par ces armures dites à plates.

A la fin du xive siècle ce moyen de défense se complète et se perfectionne : on voit le plastron formé d'un seul morceau et la braconnière qui protège le ventre et le haut des cuisses ; ces différentes parties de l'armure, aussi bien que les brassards et les gantelets articulés, sont en acier : c'est la belle époque de l'armure blanche.

En 1445, l'emploi de la lance fait que l'armure subit des modifications : renforcée à gauche pour le maniement de cette arme, elle perd de sa grâce en perdant la régularité de ses proportions et de ses formes.

Au xve siècle le plastron et la dossière sont faits de plusieurs pièces : les garde-bras se terminent en pointe au coude ; vers la fin de ce siècle et au commencement du suivant, le plastron qui semble devoir prendre toutes les formes, est bombé ; certaines armures sont cannelées et d'une grande beauté de travail, à ces époques le vêtement de guerre suit pour la forme les modes des vêtements de ville : après l'armure en bosse, dite à cosse de pois, portée par les mignons, on trouve sous Henri III, la cuirasse en pointe, échancrée sur les hanches : elle a la forme du pourpoint.

Au xvie siècle, l'armure subit encore de nouvelles modifications, appelée à résister aux armes à feu, elle est alors d'un poids énorme.

Sous Henri IV et Louis XIII le plastron seul reste pesant ; puis, peu à peu, cette partie de l'armure diminue et finit par s'aplatir ; les cuissards deviennent longs ; cette arme perd toute sa grâce et bientôt elle est remplacée par le buffletin.

A côté de l'armure nous trouvons le casque qui peut être classé ainsi : au xie siècle casque conique : au xiie siècle et au xiiie heaume à nasale et à vue : au xiiie siècle jusqu'au xve heaume à cimier ; petit et grand bassinet pendant les xiiie et xive siècles ; les salades sont du xve siècle ; les chapeaux en fer, pots en tête et bourguignotes du xvie siècle ; enfin l'armet, le morion, et le cabasset du xvie et xviie siècle.

Laissons de côté les boucliers et le harnachement de cheval et disons quelques mots des armes offensives.

L'épée, arme noble par excellence, semble au xie siècle et au xiie avoir été large, peu aiguë, et assez courte, elle servait surtout à frapper de taille, le pommeau était plat et circulaire, les quillons droits, et quelquefois tordus à leur extrémité ; la pointe n'était pas formée par la diminution progressive de la lame, mais elle était recoupée : cette arme devint plus lourde et plus aiguë au xiiie siècle se trouvant en présence de la maille perfectionnée de cette époque, la pointe est alors formée par le rétrécissement graduel de sa lame : la richesse des épées du xiie siècle et du xiiie est souvent remarquable. En France, à côté de cette épée, on en portait une autre petite, très-fine, dite coustil à plates, haussart, ou faussart : elle était toutefois plus longue que la dague ordinaire.

Vers la fin du xve siècle, les épées ont des gardes, celles qui sont formées de branches allant obliquement des gardes au pommeau sont généralement du milieu du xvie siècle.

L'estoc était une grande épée à lame rigide, quelquefois quadrangulaire et évidée. L'épée d'arme n'avait pas de branches rejoignant le pommeau, ces branches se trouvaient surtout aux épées des fantassins et aux épées de ville.

Sous Louis XIII et Louis XIV la cavalerie avait l'épée Wallonne : à lame droite, large et à deux tranchants, relevée au milieu par une légère arête, la poignée était garnie d'une garde en lame de fer, plate, percée de petits trous et bordée d'un filet rond. Cette garde était liée au pommeau par trois branches.

L'épée à deux mains disparaît après le règne de Henri II, elle était quelquefois découpée afin d'empêcher l'ennemi de la saisir, elle prenait dans ce cas le nom de flamboyante : elle se portait sur l'épaule.

Les Lansquenets portaient une épée courte, large aiguë : le gros bout de la fusée, coupé carrément forme le pommeau.

L'épée, dite braquemart, est courte, large, plate, à deux tranchants : elle n'a pas de gardes; elle tient le milieu entre l'épée et la dague.

La rapière en usage dans le xvie et au xviie siècle est une épée à lame longue et effilée. Elle avait pour garde une coquille, percée de petit trous, les quillons étaient longs et droits et placés à l'intérieur de la coquille.

La Colichemarde avait une lame très-effilée et en forme de carrelet, son talon était très-large : c'est plutôt une épée de duel.

Enfin il faut citer la dague en usage au xiiie siècle; le poignard, et la miséricorde se trouvent au xive siècle.

La lance fut en usage pendant le xie siècle jusqu'au milieu du xive siècle : à côté de cette arme d'haste, les plus connues sont le fléau d'armes, le marteau d'armes à long manche, la hache d'armes à long manche, la guisarme portée par les archers du xive siècle et qui se rapproche de la hache d'armes, la bissague, la hallebarde, la pertuisane.

Enfin pour les armes de jet il faut citer l'arc, l'arbalète; l'arbalète à pied de chèvre ou à pied de biche, l'arbalète à cric; l'arbalète à tour; l'arbalète à jalot qui lançait des balles, et fut employée au milieu du xvie siècle; l'arbalète à baguette en usage sous Louis XIV. Toutefois, l'arbalète comme arme de guerre ne fut plus employée après François I, le mousquet et l'arquebuse la remplacèrent.

Le document le plus ancien qui fasse mention d'une arme à feu portative serait de 1397 : on fit tout d'abord des espèces d'arbalètes, dont l'arc fut remplacé par un canon de fer, cette arme prit le nom de couleuvrine à main elle date de la moitié du xve siècle, elle fut suivie par l'arquebuse à mèche, puis à rouet : pour la première le chien était garni d'une mèche allumée qui s'abattait sur la poudre du bassinet : dans la seconde, le rouet, en se détendant, mettait à découvert la poudre, et par son frottement sur une pierre faisait jaillir l'étincelle; ces armes était à croc ou à crochet; à la fin de xve siècle des corps entiers étaient armés d'armes à feu portatives : le couleuvrinier et l'arquebusier mettaient le feu avec la main au moyen d'une mèche qu'ils portaient à la ceinture. L'arquebuse diminuée de longueur devint le pistolet qui fut introduit en France en 1560 par les allemands.

En 1572 on trouve en France le mousquet qui ne diffère de l'arquebuse que par son calibre et sa charge; la charge était double mais le poids était en rapport : ces deux armes furent employées en France pendant le xvie et le xviie siècle.

La platine à rouet fut inventée vers le commencement du xvie siècle ; la mèche était remplacée par une pierre à feu, et fut appliquée au pistolet, ces armes à rouet restèrent en usage pendant le xviie siècle et une partie du xviiie.

Comme aujourd'hui l'emploi de ces armes demandait un long exercice et des ouvrages spéciaux en apprenaient le maniement : nous avons à ce sujet, entre les mains, un ouvrage fort curieux.

En date du 20 août 1619 ayant pour titre « maniement d'armes, d'arquebuses, mousquets et picques, selon « l'ordre de monseigneur le prince Maurice prince « d'Orange, comte de Nassau et gouverneur, et capitaine général de provinces « unies. Représenté par figures de Jacques de Geyn ».

Cet ouvrage, avec figures est écrit en quatre langues, français, allemand, danois et anglais, et la dédicace en est ainsi conçue :

« A tous gens de guerre, et amateurs d'armes, nobles, et vaillants soldats, « tant vieux, et déjà exercez, que jeunes et novices. De tous temps y avait-il « deux moyens et chemins très-louables, par lesquels plusieurs hômes de bien « sont parvenus et montez de bases condition au haut estat, à sçavoir la doctrine

« et les armes. La voye de la Doctrine ne peult estre cheminée, ni parachevée, « que par grand dispens, beaucoup de fascherie et longue durée ».

La voye des armes, estant plus courte est tenue et poursuivie par plus grand nombre de personnes, et peut on apprendre l'artifice des armes, en partie par instruction, en partie par l'exercice d'écelles, or pour instruire les soldats novices ou inexpérimentés, Jacques de Gein (il à passé quelques ans) a « mise en lumière un livre avec des figures, mais d'autant que c'est un grand « livre et couste beaucoup, si es ce que plusieurs soldats (qui en ont affaire) ne « le peuvent achyster tantcher, estant aussi trop grand pour l'emporter par tout : « Pourtant j'ay trouvé bon de la réduire en ceste petite forme, toute fois rien « n'omettant de ce qu'il y à au grand livre, ce maniement d'armes semble aucuns « estre trop tardif, mais iceux qui sont exercez en jugeront tout au contraire. « Et afin qu'un chacun pourroit tant mieux estre accommodé, nous avons ce « livre distingué en trois parties, dont chacune sera vendue a part : Le premier « enseignera le maniement de l'arquebuse, le second du mousquet, et le troi- « sième de la picque : — Prennez engré et portez vous bien. Le 20 d'août 1619 ».

Vers 1630 les armes subisent de grandes modifications, la mèche et le rouet sont remplacés par le chien et la batterie; en 1670 nous voyons apparaître les premiers fusils dans l'armée française. Enfin en 1700 le mousquet à mèche faisait complètement place au fusil à silex. — La pique devait aussi disparaître en 1708.

D'après les auteurs les premiers canons rayés nous viendraient d'Allemagne et remonteraient au XVIe siècle. Les premiers fusils à percussion français ne datent que de 1808.

Pour l'artillerie on peut la faire remonter à l'année 1324, époque où l'on trouve le ville de Metz se servant d'artillerie pour repousser l'ennemi ; à partir de 1354 on trouve le petit et le gros canon. Les premiers canons furent de longs tubes ouverts par les deux bouts, la charge se mettait par la culasse au moyen d'une boîte s'y adaptant par un large anneau et un étrier à queue.

Au XVe siècle on trouve en outre du canon, le crapeaudeau, la couleuvrine, la serpendine, la bombarde.

Les plus grands progrès faits par l'artillerie eurent lieu sous les règnes de Louis XI et de Henri II; progrès du reste, qui une fois cet armement organisé, ne devaient plus s'arrêter.

Au point de vue de la statistique industrielle, nous trouvons dès 1575 des lettres patentes du roi confirmant la communauté déjà existante des armuriers.

Les armes de guerre se faisaient en province à Tulle et à Saint-Étienne dans des manufactures appartenant à des particuliers, à Paris se trouvaient les fabriques d'armes de luxe.

C'est à partir du XIXe siècle que les progrès dans la fabrication des armes se succèdent le plus rapidement, on voit les armes se chargeant par la culasse; le fusil à piston et à percussion, le revolver.

En 1792, les manufactures d'armes de guerre de Maubeuge, Charleville, Saint-Étienne, Tulle, Moulins, Klingenthal avaient été déclarées manufactures nationales. Par décret du 8 vendémiaire, an X, ces manufactures pouvaient seules fabriquer les armes de guerre. En 1860, le 17 juillet, ce décret fut modifié, permettant à l'industrie de faire des armes de guerre pour l'exportation, ou sur commandes de l'État : les années seules pourront nous dire quels seront les résultats de cette nouvelle mesure.

LES
INSTRUMENTS DE MUSIQUE (1)

PAR M. HERVÉ

PROFESSEUR A L'ASSOCIATION POLYTECHNIQUE

SOMMAIRE.

Étude rétrospective sur la musique et sur les instruments anciens. — Notation ancienne, moderne et usuelle. — Copie et moyens graphiques employés pour reproduire la musique. — **Description des instruments.** — Instruments complets à soufflerie : orgues, harmoniums, harmoniflûtes concertinas, accordéons, etc. — Instruments complets à cordes : pianos et harpes. — Instruments mécaniques. — Quatuor: violons, altos, violoncelles et contre-basses. — Harmonie : flûtes, flageolets, hautbois, cors anglais, bassons, clarinettes, cors, trompettes, cornets à piston trombones et ophicléides. — Instruments des musiques militaires : flûtes en réb saxhorns et autres, saxophones, sarrusophones, instruments transpositeurs, équitoniques. — Percussion : caisses et taroles, grosses caisses, cymbales, timbales, triangle, tamtam, timbres, cloches, carillons, tambours de basque, harmonicas, métallophones et xylophones. — Acoustique. — Diapason. — Sonomètre, sirène. — Classification des instruments par espèce et par timbre. — Nomenclature des accords. — Fabricants et exposants.

DE RÉTROSPECTIVE

L'origine de la musique remonte aux époques les plus reculées. Dans tous les temps et chez tous les peuples, même les moins civilisés, on trouve des chanteurs et des musiciens.

Lucrèce dans son poëme *De rerum natura* (2) dit que les murmures du vent dans les branches d'arbres et au travers des roseaux, ainsi que le chant des oiseaux donnèrent aux hommes la première idée des instruments de musique et des modulations harmoniques.

Les Hébreux revendiquent pour Jubal l'invention du premier instrument, appelé par eux *Kinnor* et qui était, dit-on, une espèce de lyre.

Fo-Hi, l'un des plus anciens législateurs de la Chine inventa, de son côté, des instruments musicaux pour adoucir les mœurs des premiers habitants de ces lointaines contrées.

---

(1) Voir l'article publié sous le même titre dans nos *Études sur l'Exposition de 1867*.

(2) At liquidas avium voces imitarier ore
Ante fuit multo quam lævia carmina cantu
Concelebraret omines possent, auresque juvare;
Et Zephyri cava per calamorum siblai primum
Agrestes docuere cavas inflare cicutas,
Inde minutatim dulces didicere querelas
Tibia quas fundit digitis pulsata canentum.....

LUCRÈCE, liv. V, vers 1377 et suiv.

L'Inde eut aussi sa musique sacrée, qui remontait à une époque mythologique puisque les Indiens en attribuaient l'invention à une de leurs déesses (*Sereswaki*). Les différents modes de cette musique se comptaient par milliers. Soma, célèbre joueur de vinia (1), réduisit ces nombreux modes à neuf cents d'abord et en dernier lieu à trente et un.

Les Égyptiens, qui ne possédaient ni théâtres ni jeux publics, n'employèrent des instruments que dans les fêtes religieuses et pour les funérailles. Ils se servaient d'une sorte de harpe (tébouni) dont les cordes se fabriquaient avec des boyaux de chameau, et d'une flûte à deux embouchures.

Les Babyloniens, les Assyriens et les Ninivites, peuples d'une civilisation très-raffinée pour l'époque, avaient aussi des instruments, le pentacorde et le tambour de basque qui figurent sur les monuments dont on retrouve aujourd'hui les vestiges.

Les Hébreux, dont la religion inspirait toute la vie, firent contribuer le chant et la musique, pour une large part, à leurs solennités. Le plus souvent ils furent imitateurs et, à l'exception de la harpe (2), ils empruntèrent aux peuples voisins les lyres, les trompettes et les tambours dont ils faisaient usage.

Les Grecs, amis passionnés et délicats de tous les arts, ne manquèrent pas de placer parmi leurs dieux les musiciens les plus célèbres : Apollon, Orphée, Linnus, Amphion, etc., et d'attribuer une origine céleste à la musique. Ils consacrèrent la syringe (flûte de roseaux) au dieu Pan, la lyre à Apollon, la flûte à Minerve, le cor à Diane.

Les Romains empruntèrent aux Grecs leurs procédés musicaux, mais ils laissèrent le plus souvent aux affranchis et même aux esclaves le soin de les divertir dans leurs fêtes publiques et dans leurs festins.

Les Grecs et les Romains employaient la trompette, le cor et le buccin pour leurs commandements militaires.

Les Carthaginois avaient aussi la *Salpicz*, instrument identique aux précédents; ils possédaient même des musiques militaires organisées, dont nous nous occuperons un peu plus loin.

Les instruments en usage dans l'antiquité peuvent être divisés en quatre groupes bien distincts :

1° Les instruments à bec et à embouchure libre (flûtes et musettes);

2° Les instruments à cordes pincées (lyres et harpes);

3° Les instruments en bronze ou autre métal, dont les sons étaient produits par la vibration des lèvres (cors et trompettes);

4° Et enfin les instruments à percussion, tambours, cymbales, etc.

La flûte a existé de toute antiquité et chaque pays en revendique l'invention. Comme il en est de même pour les premiers instruments, il est plus que probable que ces différentes inventions ont été produites simultanément dans différents pays.

Il y en avait de plusieurs sortes.

La première flûte fut évidemment la syringe (flûte de Pan), composée de sept roseaux coupés d'inégales grandeurs et réunis au moyen d'attaches ou d'un corps agglutinatif. Cet instrument ne pouvait produire qu'un son par tube.

La deuxième était fabriquée soit avec un os d'âne ou de daim *tibia*, soit à l'aide d'un morceau de bois plus ou moins travaillé fig. 1.

(1) Flûte primitive employée dans l'Inde.

(2) La harpe (*Nebel*) des Hébreux avait 12 cordes; elle a été conservée près de 40 siècles dans le même état et au XVe siècle on ne pouvait encore en tirer grand parti, cet instrument ne donnant que des notes diatoniques. La *Rote* du XVe siècle ne fut qu'une transformation de la harpe biblique.

Cet instrument était terminé par un bec d'airain qui permettait au joueur d'émettre les sons sans efforts; en outre, les trous percés sur le corps de la flûte donnaient toute facilité aux doigts de l'exécutant pour combiner les sons de bien des manières. On en faisait en os, en corne, en ivoire; les flûtes sacrées étaient en buis dans certains pays; on en employait à Rome qui étaient tout en métal; elles étaient, quant à la force du son, devenues les rivales des trompettes. Leur forme variait :

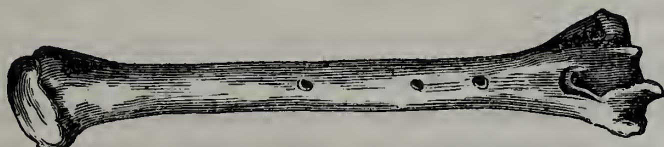


Fig. 1. — Tibia ou flûte primitive.

il y en avait de longues, de courbes, de courtes et de droites; on en fabriquait à double tube d'égale ou d'inégale longueur, etc., fig. 2.

La troisième transformation de l'instrument n'eut lieu que dans l'émission du son, qui ne se fit plus qu'à l'aide d'un trou percé sur le corps même de la flûte;



Fig. 2. — Flûte des sacrifices.



Fig. 3. — Lyre.

l'exécutant pour jouer prit donc sa flûte en travers et tint son instrument de droite à gauche. Le nom de *flûte traversière* a persisté jusqu'au XIXe siècle; on dit aujourd'hui simplement flûte pour désigner cet instrument. Parallèlement à cette transformation, d'autres inventeurs remplacèrent le bec de l'ancienne flûte par deux anches de roseaux appliquées l'une sur l'autre et donnèrent aux arts de nouveaux instruments: les musettes et les chalumeaux.

1° *Instruments à cordes.* — La lyre a été connue de toute antiquité et plusieurs peuples, de même que pour la flûte, s'attribuaient l'honneur de l'avoir inventée. Elle se composait primitivement d'une écaille de tortue garnie de branches sur lesquelles étaient tendues plusieurs cordes, qui, pincées, ne pou-

vaient donner qu'une seule note. La lyre n'eut d'abord que trois cordes, et ce fut presque une *révolution* en Grèce quand on voulut en ajouter d'autres; qui furent successivement portées à trois, quatre, cinq, six, sept et même huit, ce qui permit de jouer les trois genres (1). La harpe, d'origine hébraïque, vint s'ajouter à la lyre. Ces deux instruments faisaient partie des *musiques militaires* de l'antiquité et furent les seuls connus, car le psaltérion des Hébreux, la psaltria et la sambucistria des Romains n'étaient que des perfectionnements apportés à la harpe ou à la lyre, fig. 3.

3° *Instruments en métal.* — La guerre ayant existé de tout temps, il fallait bien trouver un instrument bruyant ou strident pour donner des signaux, faire manœuvrer, disperser ou rassembler les combattants, les faire marcher en avant ou battre en retraite. De là la trompette des Hébreux, la tuba des Romains et la salpicz des Carthaginois. En soufflant dans la trompette ou dans le cor, on s'aperçut bientôt que la simple pression des lèvres produisait une série de sons différents.

Le cor primitif était un instrument identique à la trompette et n'en différait que par la forme qui était contournée. D'autres instruments avaient été en usage avant ces derniers : la corne de bélier, la trompe en terre séchée et la coquille de buccin. De là, des confusions dans les textes, où à tout instant les mots *cor* ou *trompette* sont employés l'un pour l'autre.

4° *Instruments à percussion.* — Pour accentuer le rhythme les Grecs, les Romains et les Carthaginois employèrent le tambour oriental. Cet instrument aussi ancien que les autres, ne se composait d'abord que d'une peau tendue sur un cerceau. « Les Arabes le modifièrent en remplaçant le cerceau par un vase de « terre qui rappelait de très-loin la forme de leurs montagnes; de là le nom de « *tabor* qu'ils lui donnèrent. » (Hennebert Histoire *d'Annibal*, t. II.)

Les cymbales, triangles, etc. n'étaient, comme ils le sont encore aujourd'hui, que des instruments complémentaires.

M. le commandant Hennebert, auteur d'une *Histoire d'Annibal* dont le premier volume a eu un grand succès, ayant bien voulu nous communiquer avant l'impression du tome II quelques documents inédits relatifs aux fanfares et aux musiques militaires de l'antiquité, nous croyons faire plaisir aux lecteurs en les publiant à cette place avant de continuer cet aperçu historique sur la musique ancienne.

Episode de la 2e guerre punique, fragments de la description de la bataille de la Trebbia. — Annibal et Sempronius sentaient qu'il était temps d'agir. Une fois à bonne distance, ils arrêtèrent pour ainsi dire, d'un commun accord, leurs troupes d'infanterie de ligne, et celles-ci prirent une attitude expectante, observant une immobilité absolue. Ces épaisses masses d'hommes semblèrent pétrifiées, on eût dit des murailles de fer. Alors des deux côtés résonnèrent des fanfares; les champs que la bataille allait ensanglanter retentirent des sons perçants de la *salpicz* et de la *buccine* d'argent des Carthaginois; des notes aiguës de la *tuba,* de la *buccina* et de la *cornu* des Romains. C'étaient de part et d'autre des sonneries pressantes, équivalant à celles qui traduisent aujourd'hui à nos troupes le commandement réglementaire *en tirailleurs!*

La σάλπιλξ, qui venait de sonner la retraite aux tirailleurs carthaginois, avait cessé de se faire entendre. Il y eut quelques moments d'un silence plein d'anxiété... puis, ce silence fut brusquement rompu par les premiers accords

(1) Genres *diatonique*, *chromatique* et *enharmonique*.

d'une symphonie : la flûte, accompagnée de harpes et de lyres, attaquait une marche dont le rhythme facile était franchement scandé par le tambour. Cette musique militaire avait eu soin de choisir le morceau de son répertoire le plus propre à marquer la cadence du pas; c'était une mélodie naïve, mais élégamment arrangée, à laquelle tous ces hommes qui marchaient au combat mariaient à mi-voix les paroles de l'hymne à Castor et Pollux. Entraînés par les chants de ce poëme antique, ils s'ébranlèrent avec ensemble et prirent un pas grave au son des instruments. . . . .

Cette malheureuse infanterie, battue en brèche sur son front, harcelée sur ses flancs, entend tout à coup la σάλπιγξ carthaginoise qui retentit sur ses derrières. C'est une sonnerie de mauvais augure dont le poëte Ennius, qui sert dans les rangs consulaires, grave dans la mémoire la sinistre onomatopée : « Taratantara! » Que signifient ces furieux coups de langue? Quels sont les commandements exprimés par ces notes stridentes qu'accompagne un concert de violentes clameurs?. . . . .

Ils ont pour bouclier une rondelle de bois recouverte de cuir; pour cuirasse, un corselet de peau; pour armes offensives, une épée droite, une courte lance à large fer et de petits javelots. Ça et là, sur quelques épaules, brille un carquois bourré de flèches. Avec eux sont des gens de pied dont l'aspect n'est pas moins farouche; armés d'un grand bouclier circulaire en peau d'éléphant, ces sauvages fantassins bondissent au milieu des chevaux qui galopent et tiraillent avec frénésie, pendant que l'implacable σάλπιγξ répète le « Taratantara. »

Ces quelques lignes extraits de *Polybe* suffisent pour démontrer de la manière la plus formelle que les Romains et les Carthaginois possédaient des musiques militaires organisées.

Ère chrétienne. — Cinq cents ans avant Jésus-Christ, nous trouvons l'emploi de l'orgue mentionné dans les vers de Pindare.

Trois cents plus tard *Ctesibius* inventait une espèce d'orgue nommé *hydraulis* (flûte à eau) qui fonctionnait par la pression de l'eau; cette invention n'était sans doute pas bien comprise des contemporains, car les descriptions qu'ils en ont faites sont très-obscures. On peut conclure seulement que le clavier était connu, ainsi que l'usage des soupapes pour fermer et ouvrir les tuyaux L'hydraulis comportait beaucoup d'inconvénients; on chercha le moyen de se passer d'eau et l'orgue pneumatique fut imaginé.

Un orgue pneumatique fut présenté à Jules César, il n'avait pas de demi-tons. Ces diverses tentatives restèrent sans effet durable.

Moyen âge. — Les premiers chrétiens supprimèrent d'abord les chants et les instruments de musique dans leurs solennités religieuses, pour qu'elles n'eussent rien de commun avec les cérémonies païennes; mais leurs pontifes ne tardèrent pas à reconnaître que cette musique élevait l'âme des fidèles; ils rapportèrent la défense, et depuis le chant n'a plus cessé de faire partie des cérémonies religieuses. Certains morceaux qui se chantent encore aujourd'hui dans les églises de la même manière que dans les premiers siècles de l'ère chrétienne sont de simples transformations des anciennes mélopées grecques ou latines : tels sont le *Pater*, la *Préface de la messe*, le *Tantum ergo*, etc.

L'orgue fut définitivement employé sous les papes Vitalien Ier et Boniface VII. Il fit faire un grand pas à l'art musical, surtout lorsqu'il eut sur son clavier les notes diatoniques et chromatiques (1). Par ses combinaisons simultanées de plusieurs notes il donna naissance à l'harmonie.

(1) Les tons et les demi-tons.

On prétend que le premier orgue connu en France fut envoyé en 757 à Pépin le Bref par l'empereur Constantin Copronyme. Il était de petite dimension et portatif; le roi Pépin le fit placer dans l'église Saint-Corneille, à Compiègne.

Il était connu aux IVe, Ve et VIe siècles en Italie et dans les Gaules, partout où Rome avait porté son luxe et ses fêtes.

Ce n'est que vers le XIVe siècle que des améliorations véritables furent apportées à l'orgue d'abord par l'italien *Francesco Landino*, à Venise en 1340, qui fut le premier organiste célèbre. L'Allemand Bernard inventa les pédales dans le siècle suivant.

Les autres instruments connus ne se modifièrent que très-peu pendant cette époque.

Cependant les trouvères et les troubadours qui accompagnaient les chevaliers dans les croisades rapportèrent de l'Asie plusieurs instruments nouveaux pour les peuples occidentaux: nous citerons la guitare, la viole et le rebec; ce dernier fut le point de départ de notre violon actuel. L'invention de *Gui* d'Arezzo vint donner aussi un nouvel essor et faciliter la transcription des œuvres musicales. Les instruments à archet permirent aux musiciens d'exécuter des mélodies compliquées. L'harmonie naissante de l'orgue obligea les virtuoses à employer des *violes* et des *basses* de *violes* afin de reproduire par eux-mêmes cette nouvelle musique.

Le pape Sylvestre, vers 330, fonda les premières écoles de chant, exclusivement destinées aux offices religieux, pour l'étude du plain-chant (1).

En 590, saint Grégoire apporta à son tour au plain-chant des modifications si importantes qu'on lui donne depuis le nom de chant grégorien.

Nous avons dit un peu plus haut que les trouvères avaient joué un très-grand rôle au point de vue musical. Nous allons nous occuper de l'un d'eux avant de passer à des époques plus modernes.

Feu de Coussemaker, qui a publié les œuvres complètes d'*Adam de la Halle*, nous apprend que celui-ci a tenu le premier rang parmi les poëtes-musiciens qui ont illustré le nord de la France. Il le présente comme le trouvère type. M. de Coussemaker affirme que plusieurs de ses compositions sont devenues populaires et se chantent encore aujourd'hui sans qu'on se doute de leur origine.

On a du trouvère Adam de la Halle 34 chansons, 16 jeux parties (questions rimées et notées en musique, avec leur solution sur divers points de casuistique amoureuse), 7 motets, une poésie intitulée le *Congé, et une scène musicale dialoguée*, le *Jeu de Robin et de Marion*, composé à la cour du comte d'Anjou, devenu roi de Naples, etc. Cette scène musicale est le point de départ de notre opéra-comique (XIIIe siècle).

Laissant de côté l'œuvre poétique, qui n'est pas de notre ressort, nous nous occuperons seulement de l'œuvre musicale.

« Dans les œuvres d'Adam de la Halle, explique M. de Coussemaker, la musique n'est plus un accessoire oiseux ou superflu, mais bien une partie essentielle de leur constitution.

« Adam de la Halle doit être considéré comme un des musiciens les plus distingués du XIIIe siècle. Il est incontestablement supérieur aux autres trouvères.

« Les productions musicales d'Adam de la Halle se divisent en deux classes, les

(1) Le plain-chant fut la dernière transition entre la mélopée antique et la musique religieuse.

unes mélodiques, les autres harmoniques. La première comprend les jeux partis, les chansons et les airs dont il a orné le *Jeu de Robin et de Marion;* dans la seconde se rangent ses rondeaux et ses motets.

« Ses compositions mélodiques, écrit encore l'éditeur, sont naturelles, faciles, chantantes et sont le résultat de l'inspiration spontanée, ce qui leur donne un caractère tout à fait populaire, tandis que les autres sont des compositions artistiques soumises à des règles de convention.

« Il est nécessaire de remarquer qu'à cette époque la musique religieuse était la seule dont les bases fussent réglées par une théorie et par des principes de tonalité; c'était la musique artistique. La tonalité diatonique fixée par saint Grégoire et adoptée par ses successeurs était la tonalité officielle, si l'on peut s'exprimer ainsi . . . .

« Dans ses œuvres on trouve l'emploi de cette tonalité moderne attribuée à Monteverde, qui occupera une des places principales à l'époque de la Renaissance.

« Tout porte à croire que les airs du *Jeu de Robin et de Marion* étaient accompagnés par des instruments de musique. On y danse au son des instruments, Robin joue du flageolet d'argent, Huars de la musette, Baudon et Gauthier du tambourin et de la cornemuse « au grand bourdon », deux autres du cor. Il est très-probable que les airs étaient accompagnés ou tout au moins soutenus par des instruments, sans cela les chanteurs seraient difficilement restés dans le ton (1).

Nous publions dans l'art. *Notation musicale* un extrait d'Adam de la Halle en caractères du temps et une traduction en musique usuelle.

Au moyen âge les instruments de musique employés dans les armées sont toujours à peu près les mêmes que ceux des anciens. Les trompettes et les cors sont toujours en usage ; on cite cependant une sorte de trompe nommée l'*olifant* qui servait à appeler les soldats à la rescousse.

Renaissance, temps modernes et époque actuelle. — A l'époque de la Renaissance, la musique se divise en deux branches tout à fait distinctes : le genre religieux et le genre profane.

Jusque-là, de même que certaines chansons se chantaient sur l'air de certains cantiques, plusieurs parties de l'office se chantaient aussi à l'église sur des airs de chansons populaires, le plus souvent triviales ou obscènes. Pendant que des chantres psalmodiaient l'office, un autre exécutant chantait un *déchant* avec les paroles italiennes ou françaises de la chanson en vogue, qui venaient se confondre avec les paroles latines. Il fallut les défenses les plus formelles pour faire cesser cet état de choses absurde.

Palestrina fut le rénovateur et, on peut le dire hardiment, le créateur de la musique religieuse, il était l'élève du flamand Goudimel (2). On lui doit entre autres trois messes à six voix : une seule aurait suffi pour l'immortaliser, c'est la messe dite du *Pape Marcel*. Palestrina, comme beaucoup d'hommes célèbres, ne fut réellement apprécié qu'après sa mort et vécut toute sa vie dans un état voisin de la misère. (Il mourut en 1594.)

Palestrina avait déjà vingt-cinq ans lorsque Monteverde naquit à Crémone (1568) ; on lui doit la transformation de l'harmonie employée jusqu'alors; il inventa le

(1) Voy. *De Coussemaker*, œuvres complètes du *Trouvère* Adam de la Halle. Le *Bibliographe musical* 23e numéro, septembre 1875 art. de M. Ruelle, et les art. de M. Ch. Lévêque sur l'Opéra JOURNAL DES SAVANTS.

(2) Ce doit être le même Goudimel qui embrassa la religion réformée; les protestants chantent encore aujourd'hui plusieurs de ses cantiques composés à quatre voix (soprano, alto, ténor et basse) avec accompagnement d'orgue.

tremolo et se servit le premier de certaines dissonances sans préparation; il offrit au public italien le premier drame lyrique: *Orfeo*. Il tenta le premier d'augmenter les instruments de l'orchestre et surtout de leur faire jouer une partie distincte pouvant produire des effets destinés à traduire les idées musicales de l'auteur.

Voici, à titre de curiosité, le semblant d'orchestre employé par Monteverde dans la représentation d'*Orfeo* en 1607 ou 1608 :

Clavecins	2	Harpe double	1
Contre-basses de viole	2	Jeu de régale	1
Petits violons français	5	Cornets	2
Guitares	2	Flageolets à la triple octave aiguë du tuyau d'orgue	1
Orgues de bois (*sic* ou bourdons)	2	Clairon avec 3 trompettes de 4 pieds à sourdine	1
Basses de viole	3		
Trombones	4		
Dessus de viole	10		

La musique florissait depuis longtemps en Italie et restait au contraire stationnaire en France, lorsque Catherine de Médicis fit venir d'Italie des artistes



Fig. 4. — Flûte de Pan.

et des luthiers des plus habiles. Ducaussoy, Salmon, Beaulieu et Beaujoyeux sont les seuls artistes français de cette époque que l'on puisse citer.

En 1581 Catherine de Médicis fit représenter à la Cour le *Ballet comique de la Reine*, dont le sujet était emprunté à la fable de Circé; c'était une merveille pour l'époque: changements à vue, décors fantastiques, groupes de nymphes et de dryades apparaissant dans les fleurs ou les roseaux, rien n'y manquait. Mais ce qui nous frappe le plus, c'est que la musique eut cette fois le rôle principal. Quarante musiciens accompagnèrent les chants.

Sous Henri III, il y eut aussi des bandes de musiciens pour accompagner les ballets, la figure ci-jointe représente un groupe de joueurs de cornemuse attachés à la cour de ce prince efféminé, fig. 4.

Les luthiers italiens du xvi[e] siècle acquirent une réputation qui ne s'est jamais démentie depuis. Les luthiers modernes n'ont réussi qu'en copiant et même en contrefaisant les violons et les violoncelles exécutés par les anciens fabricants italiens. Ceux-ci étaient presque tous établis à Crémone. Ils s'immortalisèrent surtout par l'élégance et la pureté des formes qu'ils donnèrent à leurs instruments.

Jusqu'à cette époque, il n'y avait point encore en France de corps de métier pour les musiciens ou pour les fabricants d'instruments. Le *Livre des Mestiers* d'Étienne Boileau n'en fait aucune mention si ce n'est à l'occasion du péage

d'un pont où les *jongleurs* et *montreurs de singes* sont dispensés de payer s'ils jouent un air et font danser leurs singes devant les gardiens du pont.

Dans le courant du XVIIe siècle, Lulli, alors directeur de l'Opéra, apporta à son tour des modifications importantes dans l'orchestre, composé jusque-là de violons, de violes, basses de violes, flûtes et hautbois, et où l'on employait aussi des cors, des trompettes, des trombones et des cornets. Ayant eu un jour besoin de faire exécuter un passage chromatique par les cornets, Lulli s'imagina d'y faire percer des trous. Ce fut le point de départ d'une transformation qui devait amener par la suite une révolution musicale.

La musique militaire, de son côté, se formait petit à petit. Ce furent encore les Italiens qui possédèrent les premiers une musique composée de trompes, de tambourins, d'arigots et de galoubets. Les Français n'eurent de musique que sous Louis XII, à l'époque des guerres d'Italie.

D'après une chronique du temps, Bonnivet fit jouer ses violons pendant une bataille en 1550 (ils étaient une demi-douzaine). Au siége de Lérida, en 1647, le régiment de Champagne ouvrit la tranchée au son de vingt-quatre violons; on cria à la fanfaronnade; mais depuis longtemps déjà des violons jouaient des marches à la tête des régiments espagnols.

Les musiques militaires étaient encore très-limitées au siècle dernier. Les dragons se servaient de cornemuses, les fantassins de fifres et de tambours, la cavalerie possédait des trompettes et des timbales, et les mousquetaires à cheval avaient une musique composée de hautbois.

Rameau, qui vint après Lulli, découvrit la solution d'un de nos plus grands problèmes de l'harmonie, la *basse fondamentale.*

Nous terminerons cette revue des siècles passés par quelques mots sur Grétry, qui appartient aussi au XIXe siècle, puisqu'il n'est mort qu'en 1806. Il continua l'œuvre de ses devanciers en s'inspirant souvent de Pergolèse il chercha, plus que tous les autres, à faire coïncider la musique aux paroles; il ne s'est astreint à aucun genre et a su prendre aux *trois écoles* ce qu'elles avaient de plus beau. Plusieurs de ses œuvres sont restées au répertoire. Quel est l'amateur qui ne connaît pas *Richard Cœur de Lion* ?

Les inventions se succédèrent et des perfectionnements divers rendirent plus facile l'emploi des anciens instruments. En même temps, des instruments nouveaux vinrent accroître le nombre des exécutants de l'orchestre dans une proportion notable, car il fallait augmenter les instruments à cordes au fur et à mesure qu'un nouvel instrument à vent venait s'ajouter à l'*harmonie* (1).

La marche ascendante des progrès fut tout aussi sensible dans les instruments à clavier.

Le clavecin fut transformé successivement en épinette, en piano-forte, pour devenir enfin notre véritable piano avec ses cordes métalliques, doublées, triplées, et son mécanisme qui, joint à la combinaison de ses pédales, permet à l'exécutant la plus grande observation des nuances.

Le quatuor est resté tel qu'il est aujourd'hui; la contre-basse fut introduite à l'Opéra par Monteclair, en 1700. Jusqu'en 1757, il n'y en eut qu'une seule. Gossec en fit mettre une seconde, Philidor une troisième, et le nombre de ces instruments fut enfin porté jusqu'à huit. Les luthiers français et étrangers ajoutèrent successivement des clefs aux flûtes, hautbois et bassons pour en faciliter le doigté. Un luthier de Nuremberg, Christophe Dumer, inventa la clarinette. Le cor, la trompette, le trombone, la grosse caisse, les timbales et les cymbales, d'origine turque, complétaient les orchestres.

(1) On nomme harmonie tous les instruments à vent qui existent dans un orchestre complet.

Grâce à tous ces moyens nouveaux, le XVIIIe siècle vit éclore le plus grand développement de l'art musical : Stradella, Pergolèse, Paisiello, Cimarosa, Rameau, Méhul, Grétry, Monsigny, Philidor, S. Bach, Haendel, Gluck et Mozart, peuvent être cités parmi les principaux compositeurs modernes.

A notre époque, le cadre devient si grand qu'il n'est pas possible de nommer nos compositeurs et d'un autre côté, les inventeurs se sont tellement multipliés, qu'il est très-difficile de traiter la question même superficiellement. Les brevets pris pour le perfectionnement des instruments à clavier se comptent par milliers.

Le quatuor, étant le dernier mot de la perfection, reste tel qu'il était aux XVIIe et XVIIIe siècles. Nous citerons seulement pour ordre trois tentatives plus ou moins heureuses pour le remplacer ou le modifier :

1° Reproduction automatique du quatuor par le piano-quatuor. L'invention est superbe, mais on entend toujours la roue qui tourne et qui ne reproduit que très-imparfaitement le moelleux de l'archet du virtuose le plus ordinaire ;

2° L'octobasse, contrebasse monstre dont le doigté était remplacé par un pédalier qui faisait mouvoir des griffes destinées à serrer les cordes ;

3° Enfin le violon-ténor de Dubois représentant l'octave du violon ; cet instrument n'a pas encore été adopté dans les orchestres.

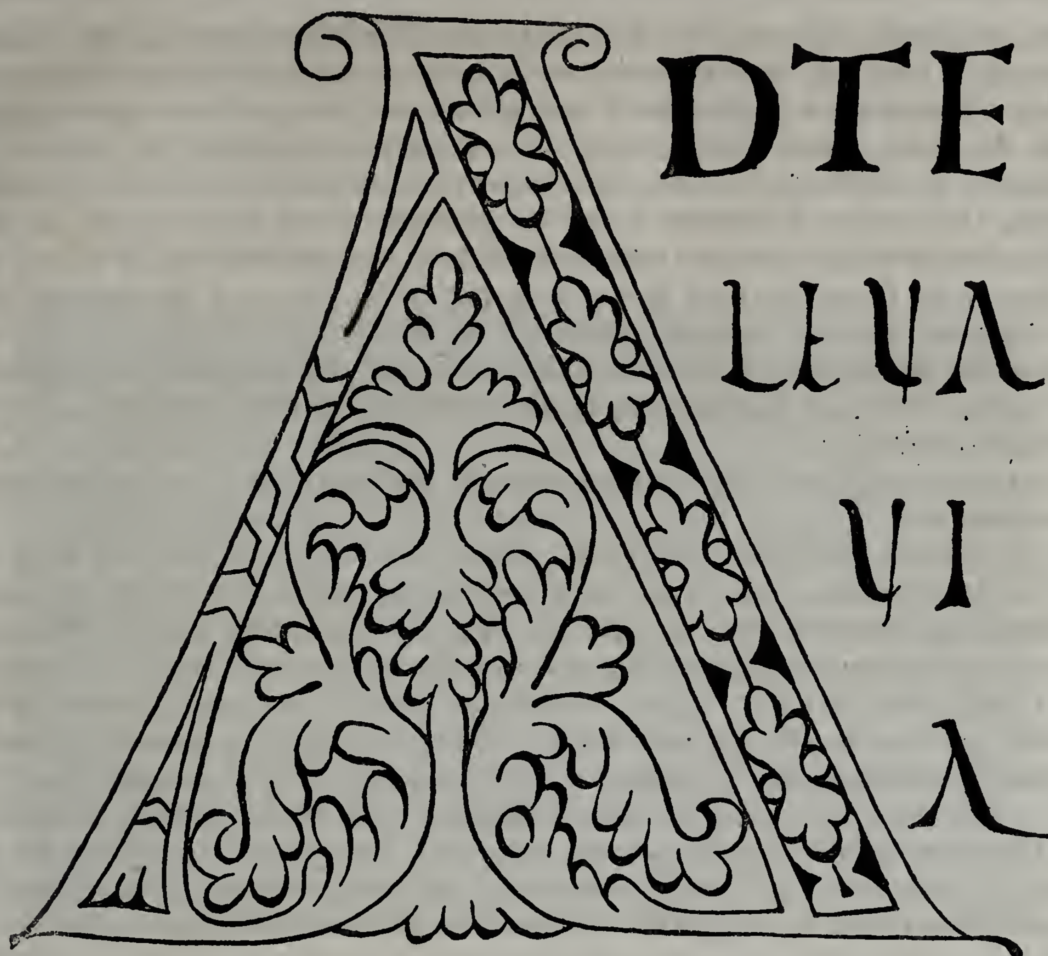
Mais il n'en a pas été de même pour l'harmonie. Les instruments de Klausé et de Bohem semblent être le dernier mot de la perfection pour les flûtes, hautbois et les clarinettes. Nous sommes bien loin de nos grands-pères, dont les instruments n'avaient qu'une ou deux clefs et qui étaient obligés de boucher des trous par moitié, quart ou trois quarts pour produire des notes chromatiques. Rendons-leur justice néanmoins en reconnaissant leur savoir et leur habileté, car ils arrivaient aussi bien que nos contemporains à interpréter les œuvres des grands maîtres avec la perfection la plus achevée. A quel prix ? Combien fallait-il d'études, de répétitions partielles et générales pour vaincre ces difficultés qui paraîtraient aujourd'hui insurmontables ! Les flûtes métalliques de forme conique pour l'embouchure et cylindrique pour le corps ont été perfectionnées par MM. Godfroy et Barbier, qui ont complété les inventions de Klausé et de Bohem.

Les transformations sont encore plus sensibles dans les instruments de cuivre.

Un facteur anglais, Halliday, croyant perfectionner la trompette, découvre un nouvel instrument qu'il nomme *Bugle-horn* (trompette à clefs).

Le cornet à piston, est inventé en 1827 par Stoëzel en Allemagne. Spontini en fait alors venir de Berlin pour les gardes du corps et Labbaye père est chargé par le gouvernement français de construire de pareils instruments. Meifred dans le même moment commande au même facteur de lui fabriquer un cor à pistons, et tous deux découvrent que des coulisses indépendantes sont nécessaires pour régler l'accord et obtenir la justesse du nouvel instrument. M. Labbaye reçoit une médaille d'argent, la première qui fût donnée pour la fabrication des instruments. L'invention du cor en resta là pour la perfection, car l'instrument sans pistons, avec sa pompe d'accord et ses tons de rechange, a toujours été considéré comme très-supérieur aux autres, malgré la difficulté de produire les sons bouchés. Mais il n'en fut pas de même pour le cor à pistons, auquel Perrinet ajouta le troisième piston ce qui permit alors de produire la gamme chromatique tout entière. Les facteurs créent alors concurremment des familles entières de ces instruments, tels que les saxhorns, hélicons, tubas, etc. Ces instruments donnant trop d'uniformité de timbre aux musiques militaires, Sax essaya de remédier à cet inconvénient en créant les saxophones, sortes de clarinettes en cuivre. Gautrot inventa les sarrusophones, composant une famille correspondant aux hautbois, cors anglais et bassons. Des instruments à 4, 5 et 6 pistons furent successivement inventés. Le trombone à coulisse conserva néanmoins sa supé-

Antiphonaire de Saint-Gall.



DTE
LEUA
UI
A

NIMAM MEĀ DS̄ MS̄ IN TE CONFIDO

non erubescā PSALMUS Vias tuas dne

ADREPETENDŪ · Dirige me in veritate tu

RESPONSORIU GRADUALE

Universi qui te expectant

non confundentur domine

V Vias tuas domine

notas fac mi bi & semitas

tu as edoce me.

riorité, de même que le cor. Les instruments équitoniques de M. Gautrot permirent, à l'aide de leur 4e piston et de leurs doubles coulisses, de donner à tous les instruments à embouchure une quinte de plus au grave. Les cornets à pistons de Mme veuve Besson sont, dit-on, les plus parfaits. Les cors et les trombones de Labbaye fils trouvent toujours leur place à l'Opéra. Lecomte, Goumas, Thibouville, Millereau, Courtois, perfectionnent tous de plus en plus. Citer les facteurs et luthiers en renom serait trop long aujourd'hui, d'autant plus qu'il nous sera beaucoup plus facile d'en parler au fur et à mesure que nous aurons à nous occuper de leurs vitrines.

Notation musicale. — Bien que cette notice soit technique nous ne pouvons passer sous silence les moyens graphiques employés aux différentes époques pour reproduire la musique.

La musique a d'abord été transmise par la tradition puis à l'aide de signes conventionnels.

Les Égyptiens, Ninivites, Assyriens, Chaldéens, etc. écrivaient-ils leur musique? Grave question qui n'a pas encore été approfondie malgré les travaux de Champollion, Villedot, Pierret, Oppert, etc. Les caractères de ces différentes écritures étaient gravées le plus souvent sur une pierre très-dure (le granit); le travail était long et difficile; aussi ne traçait-on que les documents officiels, l'histoire des rois ou des invocations aux dieux. Le papyrus rendait également de grands services pour les écritures mais rien ne nous fait connaître si ces peuples écrivaient leur musique sacrée. Comme les peuples précédents les Grecs et les Romains employaient les pierres pour les inscriptions et ils avaient de plus les tablettes de bois ou d'ivoire recouvertes de cire, lesquelles permettaient de corriger les erreurs, s'il en avait été commis. Ils connurent aussi l'emploi du parchemin (*membrana*) et par conséquent des encres. Ils employèrent les lettres de l'alphabet comme nous l'avons vu plus haut et ils modifièrent les caractères suivant les différents genres et les différents modes employés.

Les Israélites, à l'époque de la destruction du Temple et de leur dispersion, employèrent, pour perpétuer leurs chants religieux, certaines annotations pour marquer les notes aigües ou graves. Des points ronds, carrés ou de forme rhomboïdale, indiquent d'une manière bien primitive quelle est la tonalité qu'il faut donner et si l'on doit émettre plusieurs sons à la fois pour terminer le psaume.

Les chrétiens employaient les mêmes signes que les Romains, mais avec d'autres systèmes combinés avec les lettres ou séparément. Dans le premier cas, ces lettres servaient de clefs. Les plus anciens chants notés avec des signes se nommaient *neumes*, leur origine en est inconnue; ils les avaient sans doute empruntés aux païens. Ce genre de notation est très-imparfait et presque incompréhensible; le scribe le plus souvent a tracé d'abord une ligne, soit avec un stylet, soit avec du carmin, au-dessous de la ligne liturgique; ensuite les signes neumatiques montent ou descendent quelquefois avec une fantaisie désespérante pour le lecteur. Ce système, ainsi que les lettres, fut employé pendant cinq ou six cents ans. Nous croyons faire plaisir au lecteur en publiant un fac-simile inédit représentant un fragment de l'Antiphonaire offert à Charlemagne et contenant des signes neumatiques (Il nous a été communiqué par M. le comte Aug. de Bastard.)

Ces signes, comme il est facile de s'en convaincre, étaient très-obscurs et pouvaient être interprétés différemment. On essaya donc de les perfectionner en traçant d'une manière apparente une, deux, trois, quatre et enfin cinq lignes parallèles entre lesquelles et sur lesquelles on plaça des notes qui prirent de plus en plus une forme nette et précise.

« La portée musicale ne fut pas adoptée immédiatement partout; la routine

persista dans ses vieux errements. Le système des lignes prit néanmoins peu à peu le dessus et finit par faire disparaître entièrement les neumes primitifs. Au fur et à mesure que les lignes prévalurent les neumes reçurent une forme plus précise. Les soins que les notateurs avaient été obligés de donner jusqu'alors à la position des signes se portèrent dorénavant sur ces signes eux-mêmes. Les lignes et les espaces étant devenus les points fixes qui devaient attirer l'attention du lecteur, on donna plus de relief aux parties des neumes qui tombaient

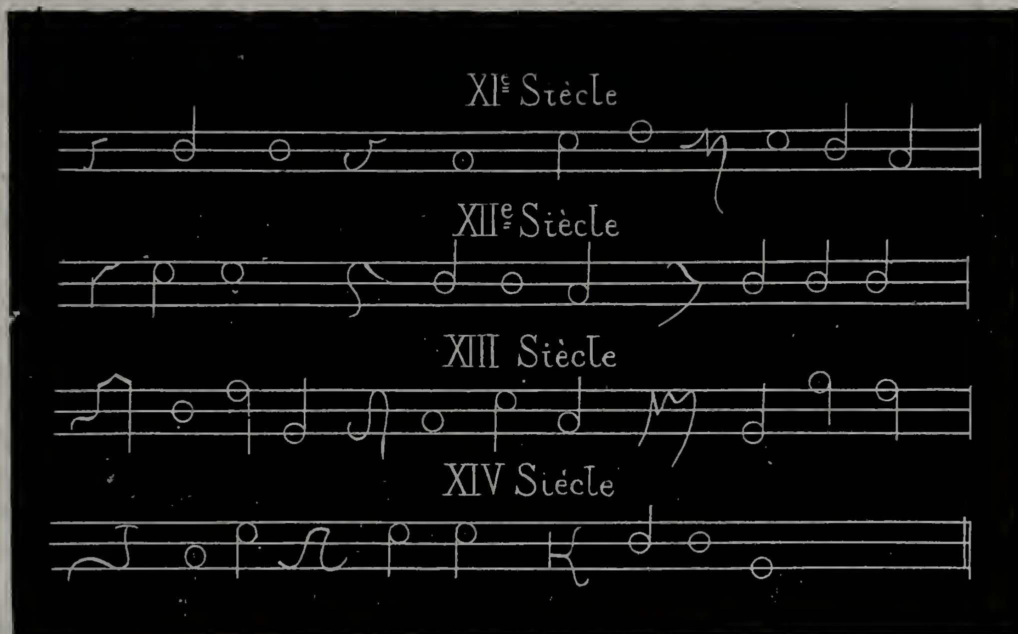


Fig. 6. — Musique des xi, xii, xiii, xive siècles.

sur ce point de repère; ce qui d'abord n'était qu'un simple angle aigu, un trait courbé ou contourné, prit peu à peu la forme d'un point rond ou carré; le reste finit par ne plus être qu'un simple délié, servant de trait d'union entre les points
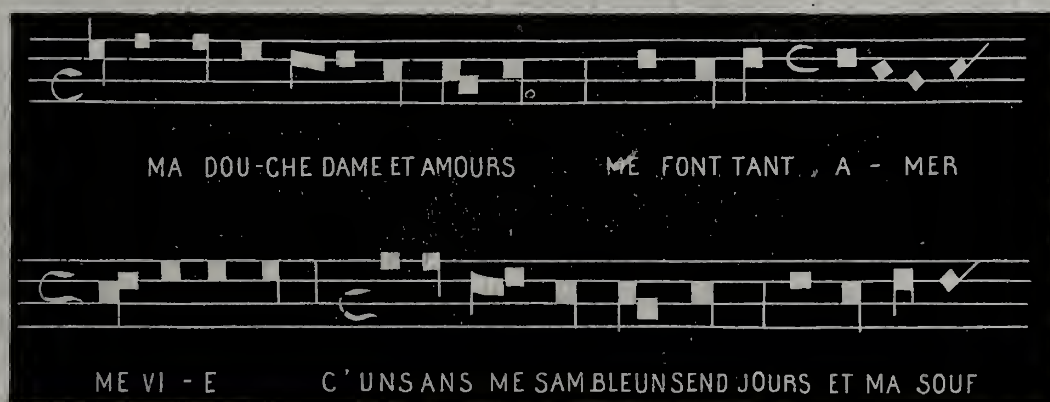


Fig. 7.

qui désignaient l'intonation. Cette modification, commencée à la fin du xie siècle, s'est accomplie principalement pendant le xiie siècle. (1).

Il a été question dans cet article des œuvres du trouvère Adam de la Halle; comme sa musique caractérise une époque nous croyons bon d'en publier un fragment.

En l'an 1338, J. de Muris, docteur en théologie et chanoine de Paris, donna aux notes plusieurs formes différentes, afin de marquer les rapports de durée

(1) *Journal des Savants* 1875. art. de M. Ch. Lévêque sur l'Opéra.

qu'elles devaient avoir entre elles; il inventa des signes de mesure appelés *modes* ou *prolations*.

Aujourd'hui nous nous servons toujours pour écrire la musique de cinq lignes appelées *portée* et placées parallèlement; des lignes supplémentaires ajoutées au-dessus et au-dessous permettent de monter ou de descendre, suivant les besoins. A l'aide de signes spéciaux appelés *clefs* et placés sur l'une de ces lignes on détermine les positions que doivent occuper les notes qui figurent sur la portée.

En 1743, J. J. Rousseau, proposa de remplacer par des chiffres, les notes fondamentales. Ce système, qu'il est inutile d'expliquer, a été repris plus tard par MM. Galin, Paris et Chevé.

Le cadre de cette publication ne nous permet pas de discuter tel ou tel système. Nous n'avons qu'une tâche, décrire et constater les progrès accomplis.

Moyens graphiques. — Avant de passer à la description technique des instruments nous croyons utile de dire quelques mots sur les moyens employés dans l'industrie pour reproduire la musique autrement que par les copies.

Après la découverte de l'imprimerie on chercha le moyen de reproduire la musique au moyen de la presse. Un psautier fut édité à Mayence par Scheffer immédiatement après sa Bible; la place nécessaire aux portées était laissée en blanc et des copistes se chargèrent d'écrire la musique après coup. En 1490, un autre psautier fut publié à Mayence avec des clefs et des portées imprimées en rouge à l'aide de deux planches différentes; mais on était encore obligé de compléter le travail en écrivant à la main les notes et les signes nécessaires. Vers la même époque plusieurs ouvrages de musique furent imprimés en Italie à l'aide de caractères mobiles. Tous ces essais étaient encore très-imparfaits. En 1525, P. Hautin grava les premiers poinçons destinés à l'impression musicale. Mais les signes gravés par lui ne font qu'un avec la portée et chaque caractère est d'une seule pièce. P. Atteignant fit usage de ce genre de notes dans un livre de *Chansons nouvelles* imprimé en 1527. N. Duchemin continua ces éditions. Granjean vint ensuite et fit le premier des notes rondes (XVIe siècle). J. de Sander perfectionna ce système (XVIIe siècle). Mais jusqu'à cette époque presque toutes les tentatives restèrent sans résultat satisfaisant. L'obstacle c'était toujours l'adhérence des notes sur les lignes de la portée.

En 1754, Bredkof de Leipsig, réduisit le nombre des fractions de la portée, mais il ne parvint pas plus que ses devanciers à vaincre l'adhérence. Fournier créa à son tour une casse (1) musicale qui fut une merveille pour l'époque (XVIIIe siècle) et dont les résultats nous paraîtraient affreux aujourd'hui, habitués que nous sommes aux beautés des formes et à la pureté des styles, les notes en sont informes et pâteuses, le plus souvent les déliés incorrects; les accidents n'ont aucune grâce dans la forme et les solutions de continuité se rencontrent à chaque instant. Dans cette casse les signes sont combinés et servent à former plusieurs groupes; de là une multitude de pièces difficiles à employer (2).

La lithographie vint porter un coup terrible à la typographie et à la gravure, mais l'application à l'impression de la musique laissait encore à désirer, car elle manquait toujours de netteté. Les inventeurs se remirent donc à l'œuvre et cherchèrent de nouvelles combinaisons pouvant donner à la fois la beauté, l'exécution rapide et la production à bon marché.

Duverger, en 1825, inventa la polytypie, qui consiste à faire composer les signes par les procédés ordinaires et à obtenir ensuite un moulage en plâtre sur

(1) Terme d'imprimerie qui sert à désigner les boîtes à compartiments contenant les différents caractères.

(2) Le traité sur *l'art de préluder* et l'*essai sur la Musique* de Grétry ont été exécutés à l'aide de ce procédé (Imprimerie nationale an XII).

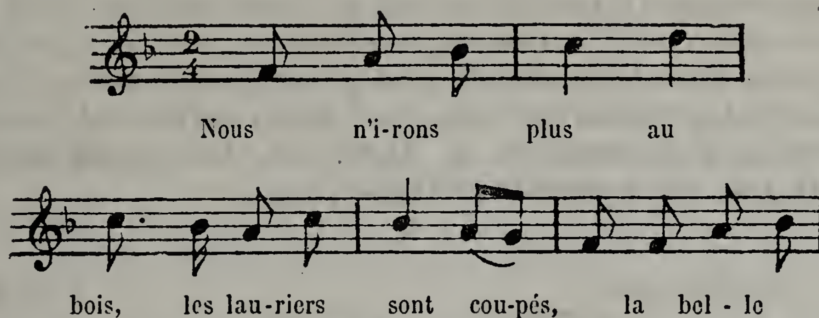
lequel on trace après coup les portées. Ce procédé est coûteux et ne peut être appliqué qu'aux tirages très-considérables.

Vint ensuite l'invention de Tanteinstein et Cordet qui a la plus grande analogie avec la casse de Fournier; dans le procédé de Tanteinstein la casse se compose de 291 sortes. Cette casse rend de grands services; mais, au point de vue de la beauté de l'exécution, elle laisse énormément à désirer.

Derriey a imaginé un autre système, dans lequel les notes sont isolées et où les lignes de portée remplissent un office semblable aux interlignes employées dans la typographie.

Curmer donne une page de portées moulées en papier au compositeur qui frappe les poinçons aux différentes places; on prend ensuite une empreinte sur laquelle on dessine les ligatures, les barres de mesures sont burinées sur le cliché même; on incruste les paroles au moyen de la soudure.

Mais nous le répétons on ne peut employer tous ces moyens que pour les



tirages à un grand nombre d'exemplaires sans quoi l'éditeur succombe sous les frais de la main-d'œuvre.

Les éditeurs de musique essayèrent la taille-douce avec des planches de cuivre, procédé également très-coûteux et où les corrections sont difficiles. On imagina donc de remplacer le cuivre par des plaques d'étain et de frapper sur ces plaques à l'aide de poinçons en acier ou en cuivre. Dans ce système, actuellement le plus en usage, l'ouvrier, après avoir pris une plaque d'étain parfaitement bien planée et polie, trace à l'aide d'un outil appelé *patte* ou *griffe*, toutes les portées, puis au burin il esquisse légèrement, et d'une manière tout à fait rudimentaire, les différentes phrases musicales qu'il est appelé à reproduire; il frappe ensuite avec un petit marteau, tous les poinçons à leurs places respectives, ensuite, à l'aide du burin, il rectifie les portées, trace les queues de notes, les barres de mesure et enfin un dernier outil l'*onglette* sert à réunir toutes les notes qui sont liées. La planche est ensuite tirée à la presse ordinaire. Toutes les corrections sont faciles à exécuter.

Nous avons visité avec le plus grand soin et le plus grand intérêt les vitrines de l'Exposition consacrées aux éditions musicales. Plusieurs nous ont paru fort remarquables au point de vue de l'exécution (1). Nous citerons entre autres les vitrines de Brandus, Grus, Heugel, Parent, etc.

Le genre de gravure dont nous venons de parler est confié le plus souvent à des femmes qui acquièrent promptement une très-grande habileté.

La question qui reste toujours à résoudre surtout au point de vue du prix de la main d'œuvre est celle de l'intercalation de la musique dans les textes. Tous les procédés que nous avons passés en revue ont été abandonnés et les imprimeurs qui annoncent qu'il se chargent des impressions musicales sont bien
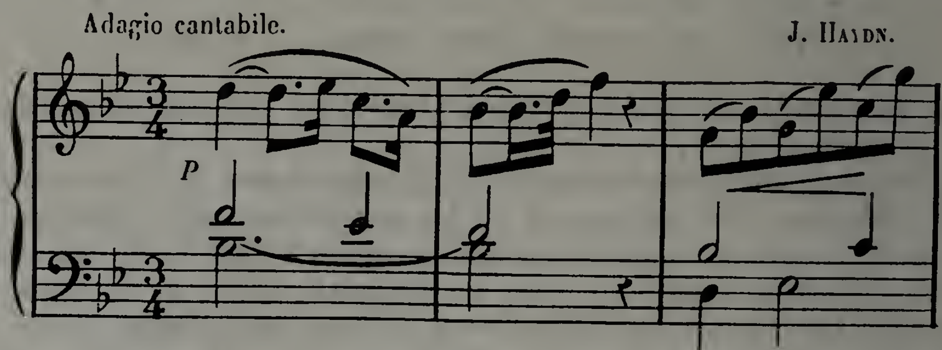
(1) Il n'est pas question ici des œuvres exposées au point de vue musical mais des procédés servant à les reproduire.

embarrassés quand on leur demande de les exécuter en typographie. Les seuls moyens employés avec fruit jusqu'ici sont les suivants :

Après avoir gravé la planche de musique sur étain on fait un *report* lithographique sur une plaque de zinc que l'on attaque par la morsure on obtient ainsi un cliché en relief qui, monté sur bois, se tire par le procédé ordinaire. Le résultat est quelquefois médiocre mais il rend de tels services comme rapidité d'exécution qu'on est bien forcé d'y recourir. Il y a plusieurs procédés d'application différents. Nous citerons entre autres celui de Loire qui est aussi l'un des meilleurs. Cette maison fait ausi des réductions mathématiques à l'aide d'un disque en caoutchouc.

Il nous reste à parler d'un dernier procédé que nous plaçons sans hésiter audessus des autres non-seulement pour les clichés de musique, mais pour toute espèce de figure géométrique. C'est la *pyrographie*. Ce système, depuis longtemps employé pour l'impression des châles, a été appliqué à la musique, en 1860, par M. Deshayes.

Les poinçons rougis à blanc sont gravés en creux dans des blocs de tilleul en bois debout lorsque cette gravure est terminée, on obtient un cliché en relief qui est monté sur bois et qui peut être de la plus grande finesse. Ce procédé est employé pour les impressions de luxe, c'est de lui qu'on s'est servi pour imprimer les *éléments d'harmonie* de A. Marchand, les *Études sur la musique grecque* de Thiron, des *sonneries militaires*, etc.



Les instruments de musique depuis la dernière exposition française ont pris un développement considérable, non-seulement sous le rapport du perfectionnement de l'exécution musicale, mais aussi au point de vue de la fabrication. Il est donc indispensable de faire marcher les deux choses de front.

Les rédacteurs du *Catalogue officiel* ont classé les instruments en sept catégories : 1° les grandes orgues ; 2° les harmoniums et les autres instruments à anches libres ; 3° les pianos ; 4° les instruments à archet et à cordes pincées ; 5° les instruments à vent, en bois et en cuivre ; 6° ceux à percussion, et 7° les petits instruments de tous genres.

Nous respecterons cet ordre de classement qui nous paraît logique, sinon au point de vue de la marche ascensionnelle et progressive, du moins relativement à l'*importance* de l'instrument.

De l'orgue, avec ses nombreuses combinaisons, nous descendrons donc successivement jusqu'aux simples jouets d'enfants.

Il est bon avant de continuer ces descriptions, de dire quelques mots sur les matières premières en usage dans la fabrication.

Différentes essences de bois sont employées dans cette industrie ; le chêne, le sapin et le hêtre servent pour la grosse construction des instruments à clavier ; orgues, pianos et harmoniums ; le cèdre, le tilleul, l'érable, le poirier et le charme pour les pièces de la mécanique, le palissandre, l'acajou pour le placage, ainsi que le poirier *teint en noir* et l'érable pour recevoir des peintures

ou du laqué. Le buis, l'ébène, la grenadille, les *bois des îles* servent de préférence pour le corps des instruments à vent, l'érable et le palissandre sont spécialement réservés pour les bassons.

L'ivoire occupe une grande place, car il sert à fabriquer les touches des pianos, orgues, etc., plusieurs exposants nous en offrent d'un nouveau modèle en os travaillé. La fabrication des *dièzes* (1) se fait exclusivement en ébène.

Viennent ensuite les *cordes d'acier* dont la provenance est anglaise, le *trait de cuivre* tiré au contraire de la France.

Parmi les métaux : le fer, le cuivre, le plomb et l'étain sont les plus employés à l'état de pureté, viennent ensuites les alliages, l'usage du maillechort est très-fréquent, le nickelage, l'argenture et la dorure sont souvent mis à contribution pour empêcher l'oxydation, le fil d'archal joue à son tour un grand rôle pour recouvrir certaines cordes à boyau ou filées. Les cordes à boyau, sont préparées à l'aide des intestins de moutons.

L'outillage des fabriques d'instruments ou de leurs accessoires, varie suivant la nature de l'objet auquel il est destiné. Depuis quelques années, de nouveaux modèles d'outils perfectionnés ont été créés.

On compte en France, 7,800 ouvriers employés à la fabrication des instruments de musique : Paris en a pour sa part 6600 : le nombre des femmes et des apprentis est relativement très-peu important ; il ne s'élève pas à cinq cents.

A Paris, le personnel est généralement réuni en ateliers ; en province, au contraire, le travail est individuel et se fait en chambre. Les deux tiers des ouvriers sont aux pièces, et l'autre tiers à la journée. Le salaire minimum de la journée est de 3 fr. à 3f50 et le salaire maximum de 9 francs et au-dessus.

La diversité du prix des petits instruments est telle, qu'il est difficile d'indiquer la valeur de ces divers produits sans entrer dans un examen très-détaillé. Quant aux grands instruments, leur valeur varie d'après leur qualité, la dimension et la marque des facteurs ou fabricants ; c'est ainsi que les orgues d'église se vendent de 2500 fr. à 100,000 fr. et au-dessus ; les pianos de 500 fr. à 5000 fr ; les harmoniums de 100 à 6000 fr. ; les violons de 3f50 à 300 fr. ; les violoncelles de 50 à 600 fr. ; les contre-basses de 45 à 250 et 300 fr. Les instruments à vent en bois et en cuivre de 6 à 800 fr.

La valeur totale des instruments de musique fabriqués chaque année en France peut être évaluée à 23 ou 24 milions de francs, dont 2 millions et demi seulement pour les départements. On peut aussi faire remarquer que l'importation ne présente qu'un chiffre très-minime, notre pays ayant pour ce genre d'industrie une véritable spécialité qui lui permet non-seulement de satisfaire à la consommation intérieure, mais encore de paraître avec honneur sur les marchés étrangers.

(1) Touches noires.

I. — INSTRUMENTS A CLAVIER ET A SOUFFLERIE : ORGUES, HARMONIUMS, HARMONIFLUTES, etc.

Orgues. — L'orgue se compose essentiellement de tuyaux, de plusieurs claviers à mains et d'un clavier de pédale; d'un système de soufflerie qui fournit le vent et enfin d'un ou de plusieurs réservoirs d'air appelés *sommiers* et constamment alimentés par la soufflerie au moyen de conduits appelés *porte-vent*. D'autres porte-vent, plus petits, communiquent du sommier aux tuyaux qui ne peuvent être directement pourvus par le réservoir commun.

Il n'est pas besoin d'examiner longtemps cette description pour se rendre compte de l'importance de la fabrication de ces instruments qui ne peut se trouver qu'entre les mains de grands industriels, vu la multiplicité des mains-d'œuvre. Des métaux divers, l'ivoire, différents bois, y trouvent leur emploi. On se sert aussi de peaux, de feutre, de drap, etc, etc.

Les tuyaux sont en bois, en étain, en étoffe (alliage de plomb et d'étain); les uns sont *à bouche* et rappellent par leur forme la flûte à bèc. Ils sont ainsi appelés à bouche parce qu'ils parlent au moyen d'une sorte de bouche dont on voit la forme sur la partie inférieure des tuyaux polis qui existent sur les façades d'orgue. Ces tuyaux dits *de montre* sont souvent muets, et ne servent guère qu'à la décoration de l'instrument.

Les tuyaux *à anche* sont munis intérieurement d'une baguette métallique qui vibre comme la languette de certains jouets d'enfant. La forme des tuyaux à anche modifie profondément le timbre, l'intensité du son et la qualité de l'harmonie.

L'anche est *libre* ou *battante*. Dans les tuyaux à anche *libre*, la languette entre exactement dans l'ouverture qui a la même forme rectangulaire qu'elle, sans en toucher les bords, y vibre *librement* sans jamais y rencontrer d'autre corps que l'air qui la met en mouvement en s'introduisant par la fente étroite existant entre les bords de la languette et les parois de la rigole. Les sons de l'anche libre sont doux. L'anche est dite *battante* lorsqu'elle recouvre complétement la rigole et vient *battre* contre la table dans laquelle est pratiquée cette ouverture, alternativement ouverte et fermée par l'effet combiné de l'élasticité de la languette avec la pression de l'air.

L'anche de la clarinette est battante, celle de l'harmonium est libre.

Les tuyaux à embouchure de flûte, à anche libre ou battante sont ouverts ou fermés par le haut. Un tuyau bouché parle à l'octave grave d'un autre tuyau de même dimension ouvert; par conséquent, pour avoir l'unisson avec ces deux tuyaux, il faut donner une longueur double au tuyau ouvert. (1)

Les tuyaux *bouchés*, se nomment bourdons; ils sont très-doux, et ont un caractère particulier qui ne les fait ressembler à aucun autre jeu d'instrument.

Un *bourdon* de *32 pieds*, n'est qu'un *16 pieds* ouvert et ainsi des autres. Ce sont ces jeux d'orgue que Montesquieu appelait sons *dévotieux*; ils ont en effet un caractère profondément religieux.

Les tuyaux à anche s'accordent en modifiant la longueur de la languette au moyen de la *rasette*, fil de métal mobile, très-ferme qui par son extrémité

(1) Daniel Bernoulli, un des premiers physiciens qui se soit occupé de l'acoustique, explique ce fait en disant « que le mouvement du son réfléchi sur le fond du tuyau « revient vers son embouchure et parcourt ainsi deux fois la longueur du tube. Ce qui, « en vertu des lois de l'acoustique, doit donner l'octave grave du même tuyau ouvert. »

recourbée, presse fortement la lame vibrante au point indiqué par l'oreille. Plus la languette est courte, plus le son devient aigu, et réciproquement. Les tuyaux à bouche s'accordent au moyen d'oreilles obturatrices qui modifient la bouche du tube et son ouverture supérieure. C'est encore avec l'*accordoir*, outil conique, que l'on rétrécit de force cette dernière dans les bourdons ou jeux bouchés, en enfonçant plus ou moins le tampon pour modifier la longueur du tube.

Tous les tuyaux sont debout, implantés sur leur embouchure dans des trous pratiqués à la partie supérieure du sommier. A l'orifice de chaque trou se trouve une soupape que l'organiste ouvre à volonté en appuyant sur la touche correspondante au clavier ou au pédalier. Le vent s'introduit alors dans le tuyau et le fait parler, mais à la condition que le *registre* soit ouvert. Ce registre est une règle plate percée intérieurement et au *couvert* du sommier, ne pouvant se mouvoir que dans le sens de sa longueur et perçée de trous qui correspondent tous exactement à ceux du sommier lorsque ce registre est dit *ouvert*; le vent traverse alors les deux ouvertures qui se font suite, et si la soupape est ouverte le tuyau peut parler. Mais on comprend facilement, d'après ce qui précède, que si le registre est fermé, c'est-à-dire si les trous de la règle ne correspondent pas avec ceux du sommier, ces derniers sont interceptés et ne peuvent plus recevoir le vent, même avec la soupape ouverte.

L'organiste ouvre ou ferme les *jeux* en tirant ou poussant des *boutons* qui se trouvent à droite, à gauche ou au-dessus du clavier. Ces boutons, qui sont les registres ou les jeux, portent écrits sur chacun d'eux le nom de l'instrument que les tuyaux de ce jeu imitent. Ordinairement on y indique la longueur en pieds du tuyau le plus long de ce jeu (bourdon de 16 pieds, flûte de 8 pieds, etc).

On appelle *jeu* la collection de tuyaux de même forme, de même qualité, imitant tous le même instrument et correspondant tous chromatiquement à chacune des touches du clavier.

Lorsque le jeu est simple et complet, le nombre de ces tuyaux est égal à celui des touches du clavier.

On appelle *jeux composés* ou *de mutation* des jeux formés de 3, 4, 5, 6, 7, 8, etc., tuyaux par note; ces tuyaux donnent les *harmoniques* du son fondamental.

Le clavier est l'assemblage des touches, ordinairement au nombre de 54 (d'*ut* grave au *fa* suraigu), dont chacune est l'extrémité d'un levier, plus ou moins compliqué, destiné à agir sur les soupapes dont l'ouverture donne entrée au vent dans les tuyaux, lorsque le registre est ouvert.

Un orgue peut avoir deux, trois et jusqu'à cinq claviers à mains, disposés en amphithéâtre les uns au-dessus des autres. Il y a aussi un clavier de pédale destiné à être joué avec les pieds, d'où son nom *pédalier*; ce dernier ne peut compter plus de deux octaves et demie.

Chaque clavier possède un sommier distinct et un certain nombre de jeux qui lui sont propres.

Le principal exposant de cette année est, comme dans les dernières expositions, M. Cavaillé-Coll. C'est lui qui a construit ce magnifique instrument de la salle des fêtes sur lequel les premiers organistes d'Europe viennent tour à tour exécuter des chefs-d'œuvre classiques et des improvisations savantes.

M. Cavaillé a appliqué depuis plusieurs années à la fabrication de ses orgues les souffleries à diverses pressions dont il est l'inventeur. Ce nouveau système consiste à alimenter chaque jeu et ses octaves avec un vent d'une intensité en rapport avec le degré de puissance à obtenir, c'est au moyen des réservoirs régulateurs que ce résultat a été atteint. Jusque-là les jeux avaient une égalité de son qui gênait énormément l'organiste dans son exécution.

Dans cet orgue, M. Cavaillé Coll a adopté le *frein* Gavioli, pour le 32 pieds et

pour les jeux de *violon* et de *violoncelle* nous reviendrons aux orgues mécaniques de ce fabricant.

Nous croyons être agréable au lecteur en faisant connaître la composition du grand orgue monumental de Saint-Sulpice fabriqué par le même facteur.

Il renferme 118 registres ou jeux, 5 claviers complets, un pédalier, 20 pédales de combinaison et près de 7,000 tuyaux, ainsi que l'indique le tableau de la page 49.

M. Cavaillé est aussi l'inventeur des *jeux harmoniques*. Ces jeux sont composés de tuyaux que l'on fait *octavier* en pratiquant un trou de petite dimension dans la paroi du tube, précisément au point où se forme l'harmonique de l'octave. Ainsi, un tuyau de 8 pieds que l'on fait octavier a un son d'une puissance et d'une rondeur bien supérieures à la même note donnée par un tuyau de 4 pieds.

La machine *Barker*, ou levier pneumatique a été appliquée de la manière la plus heureuse à cette fabrication. « Cette invention, dit M. J. Adrien de la « Fage, dans sa description de l'orgue de Saint-Denis a pour objet de rendre « les claviers de l'orgue le plus considérable aussi doux que ceux des pianos les « plus parfaits...

« Cet appareil consiste dans l'emploi d'un soufflet-moteur interposé entre la « touche et la soupape que le doigt de l'organiste posé sur la touche doit faire « mouvoir, afin de faire parler telle ou telle série de tuyaux. Ce soufflet, mis « en relation avec la soufflerie par un porte-vent et une soupape spéciale sur « laquelle agit la touche, se gonfle et exerce un effort suffisant pour vaincre la « résistance de la soupape placée dans le sommier. Ce n'est donc pas sur la « soupape à large surface que s'exerce l'effort du doigt de l'organiste, mais bien « sur la petite soupape alimentaire placée dans le soufflet moteur. »

« Chaque touche du clavier a ainsi son soufflet-moteur, et l'ensemble de tous « ces petits moteurs distincts groupés habilement dans un petit espace constitue « cette machine à laquelle, malgré les perfectionnements que M. Cavaillé y a « apportés, on a conservé avec raison le nom de machine Barker. Il est bien « évident qu'en interposant un organe analogue entre le bouton du registre « sur lequel l'organiste agit et le registre qu'il doit déplacer, malgré des frot- « tements considérables, on réduira notablement la part du travail mécanique « réservée à l'organiste en empruntant ce même travail aux dépens de la souf- « flerie, c'est-à-dire à la force physique du souffleur. C'est là une pensée émi- « nemment heureuse que de soulager l'organiste de tout le travail que l'on peut, « sans inconvénient, mettre à la charge d'un manœuvre, et de réduire autant « que possible ses efforts à ce qui est du domaine de l'art. » (1)

Les orgues de Saint-Vincent de Paul, de Saint-Sulpice et de Notre-Dame de Paris, soit qu'on les considère dans leurs principes constitutifs, soit qu'on se livre à l'examen de leur construction mécanique et harmonique doivent être placés en première ligne des chefs-d'œuvre de l'art.

Les exposants des grandes orgues n'ont pas été bien nombreux en 1878. Il faut d'abord tenir compte des difficultés de transport et d'installation et ensuite de la supériorité incontestable de la fabrication française. Nous comptons pour la France 14 exposants, dont 4 pour la province.

Après Cavaillé-Coll, nous citerons MM. Stolz frères dont les orgues ont également acquis une grande réputation. Nous avons entendu dernièrement M. Guilmant, l'organiste de la Trinité, qui a su tirer un merveilleux parti de l'instrument exposé par cette maison.

La section étrangère est encore plus pauvre. En Angleterre, deux exposants; et encore nous serions bien tentés de classer leur instruments avec les harmo-

---

(1) (Extrait du Polycorde de F. Giraud 2e volume)

Nomenclature des jeux de l'orgue de Saint-Sulpice, de Paris.

CLAVIER DE PÉDALE OU PÉDALIER — D'UT à FA (30 notes).

N°	Jeu	Pieds
1	Principal-Basse	32
2	Contre-basse	16
3	Soubasse	16
4	Flûte	8
5	Violoncelle	4
6	Flûte	3
	Jeux de combinaison	
7	Clairon	4
8	Ophicléïde	8
9	Trompette	8
10	Basson	16
11	Bombarde	16
12	Cont-Bombarde	32

PREMIER CLAVIER GRAND CHŒUR — D'UT à SOL (56 notes).

N°	Jeu	Pieds
1	Salicional	8
2	Octave	4
3	Grosse fournitre.	4
4	Grosse cymbale	6R
5	Plein-jeu	4R
6	Cornet	5R
7	1er trompette	8
8	2e —	8
9	Clairon	4
10	Clairon-doublete	2
11	Basson	8
12	Basson	16
13	Bombarde	16

DEUXIÈME CLAVIER GRAND ORGUE — D'UT à SOL (56 notes).

N°	Jeu	Pieds
1	Principal harmonie	32-16
2	Montre	16
3	Bourdon	16
4	Flûte conique	16
5	Flûte harmonique	8
6	Flûte traversière	8
7	Montre	8
8	Bourdon	8
9	Diapason	8
10	Flûte à pavillon	8
11	Prestant	4
12	Grosse quinte	$5^1/_3$
13	Doublette	2

TROISIÈME CLAVIER BOMBARDE — D'UT à SOL (56 notes).

N°	Jeu	Pieds
1	Soubasse	16
2	Flûte conique	16
3	Principal	8
4	Flûte harmonique	8
5	Bourdon	8
6	Gambe	8
7	Violoncelle	8
8	Kéraulqshone	8
9	Flûte octaviante	4
10	Prestant	4
	Jeux de Combinaison.	
11	Grose quinte	$5^1/_3$
12	Grosse tierce	$3^1/_5$
13	Quinte	$2^2/_3$
14	Octave	4
15	Octavin	2
16	Cornet	5R
17	Trompette	8
18	Clairon	4
19	Baryton	8
20	Bombarde	16

QUATRIÈME CLAVIER PONTIF — D'UT à SOL (56 notes).

N°	Jeu	Pieds
1	Violon-basse	16
2	Quintaton	16
3	Quintaton	8
4	Flûte traversière	8
5	Salicional	8
6	Viole de Gambe	8
7	Unda Maris	8
8	Flûte douce	4
9	Flûte octaviante	4
10	Dulciana	4
	Jeux de Combinaison.	
11	Quinte	$2^2/_3$
12	Doublette	2
13	Plein-jeu harmonie	3-6
14	Tierce	$1^3/_5$
15	Larigot	$1^1/_3$
16	Picolo	1
17	Trompette	8
18	Clarinette	8
19	Clairon	4
20	Euphone	16

CINQUIÈME CLAVIER RÉCIT EXPRESSION — D'UT à SOL (56 notes).

N°	Jeu	Pieds
1	Quintaton	16
2	Bourdon	8
3	Violoncelle	8
4	Prestant	4
5	Doublette	2
6	Fourniture	4R
7	Cymbale	5R
8	Basson et hautbois	8
9	Voix humaine	8
10	Cromorn	8
11	Cor anglais	16
12	Voix céleste	8
	Jeux de Combinaison.	
13	Flûte harmonique	8
14	Flûte octaviante	4
15	Dulciana	4
16	Nazard	$2^2/_3$
17	Octavin	2
18	Cornet 5 rangs	8
19	Trompette	8
20	Trompette harmonie	8
21	Bombarde	16
22	Clairon	4

Pédales de combinaison.

N°	Pédale	N°	Pédale
1	Orage	11	Anches bombardes.
2	Tirasse grand chœur.	12	Anches positif.
3	Tirasse grand chœur.	13	Anche récit.
4	Anches pédale.	14	Copula grand chœur.
5	Octaves grand chœur	15	Copula grand orgue.
6	Octaves grand orgue.	16	Copula bombardes.
7	Octaves bombardes.	17	Copula positif.
8	Octaves positif.	18	Copula récit.
9	Octaves récit.	19	Tremblant.
10	Anches grand orgue.	20	Expression.

Registres de Combinaison.

N°	Registre	
1	Comb pédale.	G
2	— gr. orgue.	G
3	— bombardes	G
4	— positif.	G
5	— récit.	G
6	— pédale.	D
7	— gr. orgue.	D
8	— bombarde.	D
9	— positif.	D
10	— récit.	D

niums, l'un est M. Brown and son, de Londres, avec son orgue dit *The Student's organ* et l'autre M. Hillier (Londres), auteur de l'*orchestrophone* combinaison de l'orgue et de l'harmonium. Deux pour le Canada, un pour les États-Unis maison Masson et Hamlin organ co., dont nous nous occuperons à l'article *Harmoniums*. L'Autriche compte deux exposants : M. Mauracher à Salzbourg et MM. Rieger à Jajerndorf en Silésie, ces derniers ont exposé un orgue destiné à l'église de Frédérickstadt (Norwège). Nous avons entendu cet instrument à plusieurs reprises et nous lui avons trouvé une grande justesse et une grande puissance, mais peu de variétés dans les registres.

Harmoniums. — Tout au contraire de 1867, les harmoniums sont en grande quantité.

Qu'est-ce que l'harmonium? écrivait-on dans cette publication en 1867. Si nous posions aujourd'hui la même question qui pourrait nous répondre *Eurêka*? C'est un instrument de *salon* et quelquefois de *chapelle*; dès que le vaisseau dans lequel il résonne est un peu grand, ses sons deviennent fluets et impuissants. Il se prête au jeu grave, mais il est plus à l'aise quand on lui fait chanter une fantaisie légère; il donne une harmonie assez douce, mais son timbre, toujours un peu nasillard, s'accommode mieux de la mélodie (1).

Les facteurs multiplient à l'envi le nombre de jeux sur leurs registres, mais sans parvenir à leur faire produire autre chose que le son doux, ou plutôt aigre-doux et le son nasillard. La différence des timbres a deux causes; la forme de l'anche et l'alliage qui en compose la matière. Tous les registres de l'harmonium ne sont que des demi-jeux, c'est-à-dire qu'ils ne représentent que la moitié du clavier. Le son le plus grave est un 16 pieds. Le plus aigu se trouve dans un 4 pieds, qui donne la note la plus aiguë du *fifre*.

Les demi-jeux permettent de prendre à la partie basse le demi-jeu que l'on veut, et de même à la partie haute; on peut donc ensemble ou successivement, faire parler, tous les demi-jeux d'une partie avec n'importe quel demi-jeu de l'autre.

L'artiste emploie avec avantage ces différentes combinaisons de demi-jeux même lorsqu'il ne possède qu'un seul clavier. Mais l'amateur qui ne sait pas bien mélanger les jeux ou qui improvise, doit éviter de trop rapprocher ses doigts au point de jonction des deux demi-jeux, car s'il a pris dans le demi-jeu de basse un registre trop grave et dans le demi-jeu supérieur un registre trop aigu il peut faire une chute de 14 notes.

Les deux claviers constituent donc un grand avantage; mais le prix d'achat se trouve par ce seul fait considérablement augmenté.

Nous préférons les harmoniums qui n'ont que cinq ou six jeux, huit au plus. Ceux qui en sont surchargés sont loin d'imiter les différents instruments dont ils portent le nom et ne deviennent qu'une imitation plus ou moins réussie de l'orgue d'église. Cependant nous devons le dire, les inventeurs ayant un grand débit de ces instruments, ont fait tous leurs efforts pour arriver à remédier aux différents inconvénient cités plus haut et plusieurs ont présenté à l'Exposition des instruments remarquables dont quelques-uns peuvent rivaliser avec certaines orgues de chapelle et même d'église.

Le *matériel* se compose : 1° de la caisse de l'harmonium qui est en chêne, en acajou, en palissandre; 2° de la soufflerie; 3° des jeux et du mécanisme qui sont dans la caisse; 4° du clavier. Toutes les parties destinées à favoriser l'émission du *son*, sont en bois de sapin. Comme dans l'orgue il y a un réservoir; mais dans

(1) Voy. le Rapport sur la musique 1867.

un harmonium il n'y a pas de tuyaux; le son se produit au travers de lames vibrantes.

La fig. 10 n° 1 représente une pièce de cuivre qui sert d'affût à la lame. Comme on le voit, cette pièce de cuivre possède une ouverture régulière d'une longueur égale à peu près à la longueur et à la largeur de la lame. Il faut cependant que la lame en vibrant puisse jouer librement tout en affleurant les bords de cette ouverture.

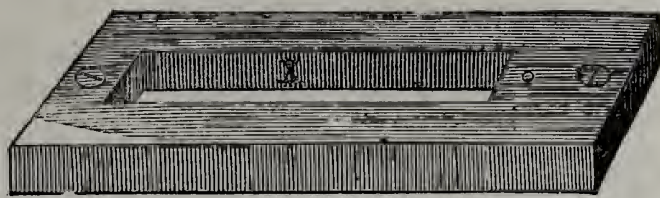


Fig. 10, n° 1.

La fig. 10 n° 2 représente l'affût complété par la lame. Les lames du bourdon pour obtenir les sons les plus graves, sont garnies, à partir de certaines notes, d'un poids ajouté à leur extrémité vibrante dans le but de diminuer les vibrations, sans être obligé d'augmenter les dimensions de la lame. Ces bourdons fig. 11, se détériorent au bout de quelques années.

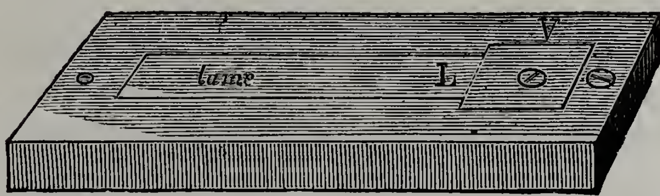


Fig. 10, n° 2.

Ce que nous remarquons en 1878, de plus important au point de vue du perfectionnement, ce sont les systèmes transpositeurs imaginés par différents exposants pour les harmoniums. Vingt-cinq exposants français ont présenté de ces instruments ou des accessoires, nous comptons en outre un Anglais, trois Américains, un Autrichien, deux Italiens et un fabricant Français exposant comme citoyen de la République Argentine.

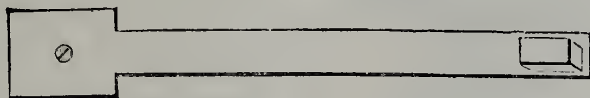


Fig. 11.

La maison Mustel offre ses instruments d'une supériorité incontestable. Certains facteurs américains visent à la perfection en les copiant servilement.

La maison Debain tient toujours une des premières places, Debain est l'inventeur de l'*harmonium* qui n'est qu'un perfectionnement de l'orgue expressif. Cette maison construit des instruments de 4 et 5 octaves qui ont de 1 à 5 jeux et 1/2 et de 1 à 22 registres. Ces instruments coûtent de 225 à 1800 francs. Elle fait aussi des harmonicordes joignant la percussion aux différents registres de l'harmonium; les prix varient de 1800 à 2700 francs. Le clavier transpositeur qui peut s'adapter à tous ces instruments coûte de 45 à 150 francs en plus, et permet de jouer dans tous les tons sans changer le doigté.

L'harmonino. — C'est un petit harmonium qui se pose sur n'importe quel piano et qui permet de jouer des duos de divers instruments imités par l'harmonino et accompagné par le piano.

L'harmonina est une réduction du précédent, et remplit les mêmes usages.

L'antiphonel. — C'est un mécanisme au moyen duquel on touche l'orgue sans être musicien et qui peut se placer sur tous les modèles de la maison Debain.

Nous trouvons également dans cette exposition des pianos mécaniques où la musique s'exécute à l'aide de planchettes numérotées qui se vendent au mètre linéaire.

En 1867 M. Debain avait exposé un harmonium colossal qui possédait 4 jeux de 32 pieds comme les plus grandes orgues.

La compagnie Alexandre père et fils peut marcher de pair avec les précédents. La manufacture, qui occupe une superficie de 30,000 mètres est à Ivry-sur-Seine.

La douceur des sons des instruments de cette facture est incontestable : On y trouve tous les modèles depuis ceux à 60 francs jusqu'aux modèles de 4,500 et au-dessus.

Deux exposants dont nous ne découvrons pas de traces en 1867, entrent en lice et pourront lutter avec succès avec les précédents.

C'est, d'une part, la maison Busson, qui, outre d'excellents harmoniums, expose des orgues mécaniques et des harmoniflûtes à cylindre.

Et d'autre part la maison Couty et Liné qui, bien que fondée depuis vingt ans seulement, est placée aux premiers rangs par la plupart des artistes. Leurs harmoniums varient de dimensions et nous en avons entendu dans la galerie de l'École militaire qui rivalisent avec les orgues d'église, on y trouve depuis les jeux de 16 pieds jusqu'aux fifres les plus aigus. Certains registres possèdent des timbres mélodieux. Nous citerons entre autres le n° 14 dans lequel nous avons entendu les registres de bourdon, basson, cor anglais, hautbois, musette, voix céleste et surtout celui de harpe éolienne qui n'est qu'une disposition nouvelle des lames du registre de grandeurs inégales. Les prix ne sont pas beaucoup plus élevés que dans les autres maisons : ils varient de 150 à 2800, 3000 et 6000 francs. Ces instruments sont presque tous munis d'un appareil transpositeur qui coûte de 30 à 500 francs.

L'un des plus beaux modèles de cette maison est celui-ci :

14 jeux 1/2 2 claviers, accouplement des 2 claviers, sommier horizontal, sommier vertical.

38 REGISTRES, 2 GENOUILLÈRES-JALOUSIES, 1 GENOUILLÈRE GRAND JEU GÉNÉRAL.

Trémolo.	Copula basse.	Trémolo.	Cor anglais.
Baryton.	Gamba.	Harpe éolienne.	Bourdon.
Salicional.	Bourdon de récit.	Voix céleste.	Clairon.
Voix angélique.	Clairon de récit.	Musette.	Basson.
Hautbois de 16.	Basson de récit.	Hautbois.	Bombarde.
Hautbois de 8.	Trompette.	Fifre.	Contre-basse.
Doublette.	Dolcé.	Clarinette.	Sourdine.
Clarabella.	Harpe éolienne de récit.	Flûte.	Trémolo.
Flûte.	Voix humaine.	Expression.	
Copula dessus.	Trémolo.		
Copula major.			

Instrument d'une très-riche composition et d'une très-grande puissance, pouvant remplacer le grand orgue dans une église de moyenne dimension.

Avant de terminer ce que nous avons à dire sur les exposants français nous tenons à faire connaître en quelques mots l'harmonium Martin-Dalléry. Cet harmonium a reçu de notables changements dans la fabrication, le mécanisme est en éventail; l'inventeur prétend à tort ou à raison, que les basses de cette façon sont d'une qualité supérieure à celles des autres facteurs.

Ensuite l'inventeur nous présente dans son harmonium vingt-deux registres dont voici la composition.

Trémolino.	Harmonie Sainte-Cécile.
Trémolo.	Cor anglais.
Sourdine.	Clairon.
Voix de la tempête.	Bourdon.
Harmonie de Séraphin,	Forté,

Grand jeu.	Voix céleste.
Trémol	Flûte.
Trémolino.	Fifre.
Lyre de David.	Clarinette.
Voix de la prière.	Expression.
Lyre angélique.	Genouillère.

Ce beau modèle, dit-il, ne vaudrait pas moins de 2,000 francs, mais de concession en concession il finit par l'offrir pour 396 francs. Par un système de crochets, il crée une *harmonie* qui permet d'accompagner le plain-chant d'un seul doigt. Nous avons remarqué que ce mécanisme faisait simplement jouer les octaves à la fois ce qui n'est pas la même chose. En 1867, M. Alexandre avait pris sous son patronage le *symphonista* de l'abbé Guichené, curé de Saint-Médard à Mont-de-Marsan. Cet instrument, s'il était plus cher, permettait au moins de jouer 4 harmonies.

Deux harmonies consonnantes . . . . { 1° chant à la basse ; 2° chant à la haute ;

— dissonantes. . . . . { 1° chant à la basse ; 2° chant à la haute ;

L'abbé Dalléry va présenter au public une nouvelle invention au moyen de laquelle on pourra jouer sans être musicien à l'aide de bandes de toile ou de caoutchouc imprimées sur lesquelles des notes sont percées à l'aide d'un stylet.

Nous nous permettons de dire en passant qu'il est déplorable de voir, à l'époque où nous vivons, les inventeurs chercher à employer les moyens mécaniques pour faire parler les instruments. N'est-il pas plus rationnel, si l'on dote une église d'un petit orgue, de dresser en même temps un enfant de chœur intelligent qui, en quelques mois, vaudra mieux que tous les *pianistas* et *symphonistas* possibles.

Il n'y avait en 1867 qu'une seule fabrique importante d'harmoniflûtes, celle de M. Busson qui s'est livré depuis à la fabrication des harmoniums.

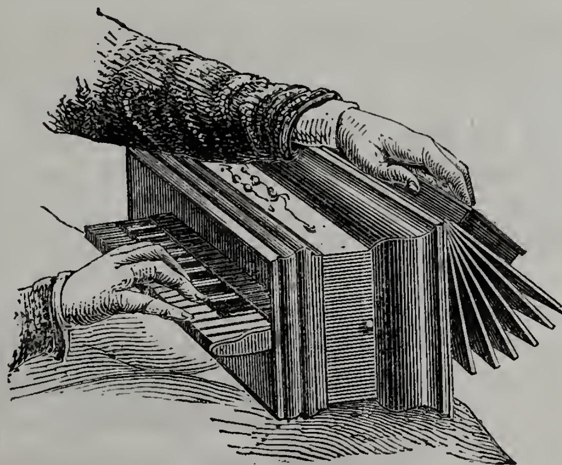


Fig. 12. — Harmoniflûte.

L'harmoniflûte est un petit instrument qui tient à la fois de l'harmonium et de l'accordéon. Du premier, parce que les sons en ont l'ampleur et du second quant à la forme.

La maison Mayer-Marx est très-remarquable cette année pour cette série de petits instruments qui peuvent se jouer *ad libitum* à la main, comme l'indique la fig. 12, ou à l'aide de pédales, comme on le voit dans la figure 13.

Nous aurions passé sous silence la fabrique d'instruments à cylindre de Gavioli (orgues et pianos) s'il n'était pas l'inventeur d'un frein harmonique destiné à faire *parler* et à donner le timbre à certains tuyaux qu'il n'avait pas été possible d'employer jusqu'alors.

M. Anselme Gavioli et Cie en est l'inventeur.

Le frein harmonique obturateur, qui, placé à l'embouchure de tous les tuyaux d'orgue indistinctement, permet de régler avec précision et rapidité l'émission du son et d'en fixer le timbre ou le mordant, suivant les proportions de taille; la facilité de l'attaque est remarquable.

Le travail de l'embouchage est plus rapide, plus sûr et moins coûteux. Ce

frein donne au son des qualités et une force supérieures à ce qui a été fait jusqu'ici.

Les différentes pressions de vent ne nécessitent aucun changement dans la hauteur des bouches, le son reste identiquement le même. Cet appareil dote la facture d'orgues d'un son *inconnu*, *nouveau* et d'une qualité hors ligne. Nous avons vu plus haut que M. Cavaillé-Coll l'avait adapté à plusieurs jeux du Grand orgue du Trocadéro.

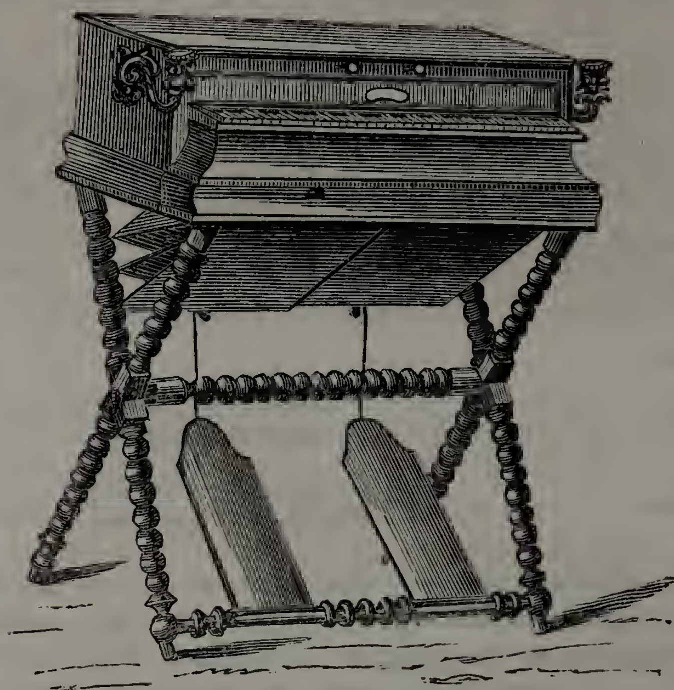


Fig. 13. — Harmoniflûte à pédales.

Nous trouvons dans les vitrines un accordéon transposant dans tous les tons et dont chaque touche peut produire plusieurs notes. (M. Neveux).

Il nous reste à parler de deux petits instruments qui, bien que différents par la forme, rentrent dans la catégorie des instruments à anches libres.

L'harmonicor Jaulin. — Ce petit instrument est en cuivre, il a une étendue de 2 octaves chromatiques de lames vibrantes disposées comme les touches d'un piano. L'embouchure semblable à celle du flageolet, et un doigté facile permettent à l'exécutant de produire de belles mélodies. Le son a de l'analogie avec le *hautbois* fig. 14.

M. Baduel nous présente cette année une flûte harmonique qui a la plus grande ressemblance, quant à la forme avec l'instrument précédent. Le son peut différer, mais le système est le même. Ces deux instruments ne sont cités que

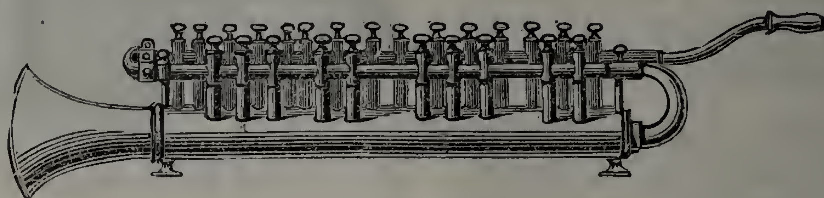


Fig. 14. — Harmonicor Jaulin.

pour ordre car ils ne rendront jamais le plus petit service dans les orchestres. Nous ne les trouverons jamais que dans les mains des amateurs.

Le **Cécilium.** — M. de Gromard d'Eu (Seine-Inférieure) nous l'a déjà offert en 1867. C'est un instrument qui rappelle l'ancien *mélophone*. Les notes sont données à l'aide de touches métalliques placées symétriquement sur le manche de l'instrument. Le son et le rhythme sont produits à l'aide d'une tige à poignée placée au milieu de l'instrument et à laquelle on imprime des mouvements alternatifs semblables à l'archet d'un violoncelle ou d'une contrebasse. Le son est produit par des anches libres. La forme est dite de *mandoline* ou de *viole*. Il y a 3 modèles, soprano, ténor et basse. Encore une tentative qui sera, je le crains, infructueuse comme instrument d'orchestre.

Nous terminerons l'étude des instruments à anches libres par un très-court examen de ces instruments, qui sont bien peu nombreux, dans les sections étrangères.

Une seule maison attire notre attention : celle de MM. Mason et Hamlin, fabricants d'orgues et d'harmoniums, à New-York. Cette immense fabrique peut rivaliser, quant à la qualité, avec les produits de la fabrication française. Une singularité, c'est que la production du son a lieu à l'inverse des autres instruments, par inspiration, ce qui donne, disent les fabricants, une grande douceur dans certains jeux. Les prix de vente sont beaucoup plus élevés que ceux des instruments de fabrication française. Nous citerons, pour finir, un Français, ancien contre-maître, qui s'est établi dans la Confédération argentine et qui a envoyé à l'Exposition universelle quatre harmoniums copiés d'après nos meilleurs modèles.

II. — LES PIANOS.

Cet instrument, si répandu dans tous les pays, occupe nécessairement une des plus grandes places dans l'exposition musicale et presque toutes les contrées ont tenu à honneur de nous offrir les modèles les plus estimés de leur fabrication. Le développement de la musique est dû pour la plus grande partie au piano. Son étude est devenue une des branches de l'éducation, car c'est l'accompagnement obligé du chanteur et l'indispensable de l'harmoniste et du compositeur. Il en est qui n'aiment que les pianos aux sons brillants et sonores tandis que d'autres préfèrent ceux qui donnent des sons très-doux. C'est le seul instrument où la concurrence étrangère soit à craindre. Les Américains, ne l'oublions pas, en présentent un grand nombre sur les marchés et trouvent des acheteurs. Heureusement pour nous, la forme qu'ils ont adoptée leur est préjudiciable, ils fabriquent surtout des pianos carrés, forme entièrement abandonnée en France.

Il y a trois sortes de pianos : le piano carré qui est le type le plus ancien, piano à queue et le piano droit, qui est le plus répandu.

La charpente du piano est constituée par une réunion de *barrages;* ce sont des pièces de chêne très-épaisses qui forment le cadre de l'instrument. Ce cadre est placé dans la caisse et consolidé au moyen de fortes traverses destinées à le maintenir.

Sur ces énormes traverses est appliquée la table d'harmonie, plane du côté des cordes, barrée sur son autre surface.

La table d'harmonie est formée d'un certain nombre de planches collées ensemble, de façon que les fibres ligneuses soient placées dans des positions opposées. On choisit le bois à fibres verticales pour le haut, le bois à fibres transversales pour le bas. Ce sont les sapins de la Suisse qui fournissent les meilleures tables d'harmonie.

Avant de disposer les cordes sur cette table vibrante on consolide le cintre de la caisse par une forte plaque de fer sur les bords de laquelle viendront s'attacher les cordes.

Chacune des cordes est fixée à une cheville cylindrique qui entre à frottement dans une solide pièce de bois appelée *sommier.* Ces chevilles ne sont pas fixes et se serrent ou se desserrent au moyen d'une clef forée à l'usage de l'accordeur.

Les cordes ne s'étendent pas sans interruption d'un point d'attache à son opposé, mais de chaque côté sont disposées des pièces de bois nommés *chevalets* et garnies de chevilles métalliques, contre lesquelles viennent s'appuyer les

cordes en passant sur le chevalet. De cette façon les cordes frappées par le marteau ou pincées par l'accordeur, ne vibrent que sur la longueur qui se trouve comprise entre deux chevalets. En outre, pour empêcher la vibration de se transmettre entre le chevalet et les points d'attache, les cordes sont tenues prisonnières à cet endroit par une bande de drap qui serpente d'une corde à l'autre dans toute la largeur de la table d'harmonie.

Les cordes diminuent non-seulement de longueur du grave à l'aigu, mais elles doivent, en outre, décroître en grosseur, afin de donner un son pur.

Les cordes aiguës sont en acier, les cordes de basse sont composées d'un fil de cuivre rouge enroulé autour d'un fil de fer. Pour augmenter la sonorité, on met deux cordes aux basses et trois aux autres notes. Mais l'instrument est encore incomplet, il faut mettre le clavier en relation avec ces cordes. Tout le succès dépend de la perfection de la *mécanique*.

Fig. 15.

La mécanique comprend : la *touche*, l'*échappement*, le *marteau*, la *chaise* et l'*étouffoir*, fig. 15.

Appuyez le doigt sur la touche T, elle bascule de manière à soulever à la fois l'échappement *e* et l'étouffoir F, qui est maintenu sur la corde par la tige d'acier X. L'échappement lève la noix *n* du marteau, dont *b* est le bras et *d* la tête, et cette dernière va frapper la corde. Dès que le doigt a quitté la touche, l'échappement revient à sa position première, et le marteau n'ayant plus de point d'appui, retombe sur la chaise S, qui le saisit et l'empêche de rebondir et de vibrer; en même temps l'étouffoir, qui a été soulevé pour laisser vibrer la corde, retombe sur elle, afin d'arrêter ses vibrations.

En bas du piano, perpendiculairement sous la partie mécanique du clavier, se trouvent deux pédales qu'on nomme : l'une *forté*, l'autre *piano* ou *sourdine*. Voici en quoi consiste leur rôle : la pédale *forté* fait manœuvrer une planchette qui soulève tous les étouffoirs en même temps, de sorte que les cordes frappées vibrent en toute liberté et peuvent communiquer leurs vibrations aux cordes voisines. Tous les sons se prolongent et l'ébranlement devient général sur toute l'étendue de la table d'harmonie. On obtient le plus haut degré de puissance de l'instrument.

La pédale *sourdine* peut agir de deux manières. Dans le piano à queue, elle transporte tout le clavier de gauche à droite, et alors les marteaux ne frappent plus qu'une ou deux cordes, au lieu de trois. Dans le piano droit, ce même système a prévalu pendant longtemps, mais aujourd'hui, dans la plupart des pianos droits, la pédale soulève une règle plate qui est munie, à sa partie supérieure, d'une bande en feutre mince et moëlleux (quelquefois cette bande de

feutre est découpée à dents), qui vient se placer entre les cordes et les marteaux, amortit le coup sans en anéantir l'effet et produit un jeu d'une douceur infinie, auquel aide beaucoup la délicatesse du toucher de l'exécutant.

Les perfectionnements apportés dans les pianos se bornent à une seule tentative sérieuse faite par *Lafontaine* et par plusieurs fabricants étrangers : les pianos à cordes croisées, c'est-à-dire des pianos où les cordes de basse vont dans un sens oblique et les autres cordes viennent croiser par dessus dans le sens inverse. Ce système n'est employé que dans les pianos de forme droite; et au dire des principaux fabricants et des connaisseurs il est défectueux et ôte de la sonorité à l'instrument. Ce qu'il faudrait trouver, à notre avis, ce serait un moyen de rendre les basses justes; en effet les grosses cordes filées de n'importe quels pianos, même de ceux des facteurs de premier ordre, ne donnent, le plus souvent, que des sons défectueux, il en est de même pour la transition entre les dernières cordes d'acier et la première corde filée.

Pour ce genre d'instruments les exposants sont très-nombreux et d'un bout à l'autre de la galerie française réservée aux instruments de musique nous rencontrons à chaque pas des pianos. Le problème du bon marché pour le piano n'a pas encore été résolu comme pour les harmoniums, quand on descend au-dessous d'un certain prix, l'instrument n'a plus du piano que la forme et devient un meuble inutile. Ceux de 400 à 500 francs sont les moins chers; nous en trouvons de 2000 francs et au-delà.

Nous comptons pour la section française 74 exposants.

Il nous a été donné d'entendre quelques pianos sur lesquels des professeurs sont venus jouer des morceaux variés. Mais le plus souvent on entend telle ou telle valse ou polka de M. X. ou de M. Z... on offre après l'audition, en faisant payer fort cher, les mélodies exécutées. Ces concerts servent à faire ressortir le talent de l'artiste, mais ne font pas constater les qualités de son ou du mécanisme de l'instrument. De même que dans les expositions précédentes Erard, Erard neveu, Herz (Henri) Herz neveu, Pleyel, Wolff et Cie, Bord sont toujours aux premiers rangs; la maison Pleyel présente au public, un système transpositeur applicable aux pianos de cette maison et qui permet de transposer dans tous les tons. Ce clavier est breveté pour la France et l'étranger.

Citons aussi les harpes de la maison Èrard il n'y a plus que lui qui en fabrique; il a exposé deux de ces magnifiques instruments.

Puis viennent en second ordre d'autres facteurs qui ont présenté aussi d'excellents instruments d'un prix peu élevé comparativement aux marques précédentes. J. Thibouville nous offre ses pianos mécaniques, nous reparlerons de lui à propos des instruments à cordes à bon marché. La maison Mussard a exposé des pianos droits et obliques dont le prix moyen est de 1200 francs, fort appréciés des connaisseurs.

Comme les facteurs français, les facteurs étrangers ont exposé des pianos en grand nombre, mais aucun ne présente d'invention nouvelle si ce n'est le piano croisé, et à moins d'être bien expert en fabrication on peut facilement confondre les provenances. Les essences de bois diffèrent de temps en temps et plusieurs facteurs d'outre-mer ont dû chercher, pour employer des substances pouvant résister aux cha ngements brusques de températures auxquels sont exposés les pays méridionaux. Nous comptons 11 facteurs anglais; 1 canadien; 6 américains; 2 norwègiens; 5 suédois; 2 espagnols; 3 russes; 1 hongrois; 25 autrichiens; 7 suisses; 10 belges: 4 danois; 5 hollandais; 7 italiens; un citoyen de la confédération argentine, soit 89 exposants. Nous allons passer en revue ceux dont les instruments nous ont paru supérieurs aux autres.

Parmi les exposants anglais on remarque la riche collection de Brinsmead (J) and sons, de Londres, dans laquelle nous voyons de magnifiques pianos à queue.

Les pianos de Challen and son, d'Hopkinson, attirent ensuite notre attention. Nous avons eu le plaisir d'en entendre quelques-uns; une gracieuse milady nous a joué entre autres une grande fantaisie sur Guillaume Tell. Les pianos anglais, pour la sonorité et la justesse, ne peuvent pas rivaliser avec les Erard ni les Pleyel, mais ils figurent avec honneur parmi les produits étrangers. En dehors des pianos, les Anglais n'ont rien d'extraordinaire et nous ne les citerons plus que pour ordre. Dans le Canada nous trouvons les pianos de la maison Weber et Cie, de Kingston. Ces instruments ne nous présentent aucun intérêt.

A l'exposition de Vienne, les Américains ont été placés en première ligne pour les pianos, surtout au point de vue de la fabrication. Plusieurs d'entre eux sont à l'exposition de 1878 et nous ne pouvons vraiment qu'admirer ces magnifiques instruments. Nous constatons une certaine rudesse dans les notes aiguës, mais ces instruments possèdent presque tous de belles basses qui sont justes, ce qui est rare dans bien des pianos.

Haiñes-Bros, de New-York, Meyer and sons, de Philadelphie, Macdonald, de Wiliams-pist, Schaffer et Stieff forment une riche collection.

Les pianos norwègiens, suédois et danois ne nous offrent aucun intérêt. Il en est de même dans la section espagnole où nous pouvons à grand peine obtenir quelques renseignements. Au début de l'exposition quelques instruments avaient été apportés et depuis nous ne les retrouvons pas. L'exposant les a-t-il retirés, redoutant la critique?

3 exposants seulement représentent la Russie.

Les pianos de la maison Krall et Seidler, de Varsovie, ont des sons d'une douceur exquise. On les trouvera peut-être un peu sourds; mais nous le répétons, ils le rachètent par leurs sons exquis.

Les pianos de Malecki (de Varsovie) et de Becker (de saint-Pétersbourg) sont également de beaux et de bons instruments.

Un seul fabricant hongrois Bereysra'szy, de Bude-Pesth; aucune remarque intéressante à faire.

De la Hongrie nous passons à l'Autriche où nous trouvons une riche collection de pianos droits et à queue et des fournitures diverses. Nous citerons la maison Burger, de Graz (Styrie) avec sa collection de cordes et une autre maison pour ses feutres; pour les pianos nous avons remarqué les instruments de Rott, de Pokony, d'Oeser et de Kmock. Non-seulement l'ensemble nous a plu, mais nous avons entendu à maintes reprises les visiteurs exprimer tout haut le plaisir qu'ils éprouvaient en les entendant. Il est vrai que ces exposants occupent une place exceptionnellement favorable : ils se trouvent en bordure d'une des grandes artères transversales du Palais du Champ-de-Mars.

Nous n'aurions rien à signaler chez les autres nations si l'Italie très-inférieure et même presque nulle en 1867 ne nous présentait cette année une collection remarquable. Les maisons qui nous semblent mériter la préférence sont celles de Roeseler (de Turin), du chevalier Mola (idem) de Lifonti (de Palerme) le piano oblique de Meglio, de Naples et de Brizzi et Nicolaï, de Florence. Nous avons pu apprécier ce que devenaient leurs instruments sous les doigts d'un véritable artiste. Leurs sons comme justesse et comme sonorité peuvent rivaliser avec certains facteurs étrangers et même français. Citons en terminant la revue de cette longue section et seulement au point de vue historique, la collection Kraus, de la république de Saint-Marin, dans laquelle on remarque la série d'instruments à clavier fabriqués par Bartolomeo Christofori l'inventeur des pianos. (*Collection rétrospective du Trocadéro*).

III. — INSTRUMENTS A ARCHET ET A CORDES PINCÉES.

La fabrication de ces instruments est presque toute concentrée à Mirecourt, à Lunéville et dans les communes environnantes. Des familles entières s'y consacrent. Le sapin qui forme une des principales matières premières se trouve en abondance dans les forêts voisines.

Le luthier choisit pour fabriquer son instrument un morceau de sapin dont les fils soient très-serrés, (plus ils sont serrés, plus l'instrument a de valeur) Le morceau de bois mesuré est d'abord fendu à la scie puis ouvert avec une *lame*, de manière que les deux parties puissent s'ouvrir comme un livre. De là vient qu'on remarque sur tous les violons une ligne médiane divisant l'instrument en deux. Cette première partie prend le nom de *table* et forme le dessus du violon, le dessous est fait d'un morceau d'érable; le tout est travaillé ensuite à l'aide de gouges et de rabots de différentes formes. Lorsque ces deux parties sont terminées l'ouvrier les réunit à l'aide des éclisses (*bords du violon*). Ensuite au moyen d'un trusquin on prépare les bords pour recevoir les incrustations des-

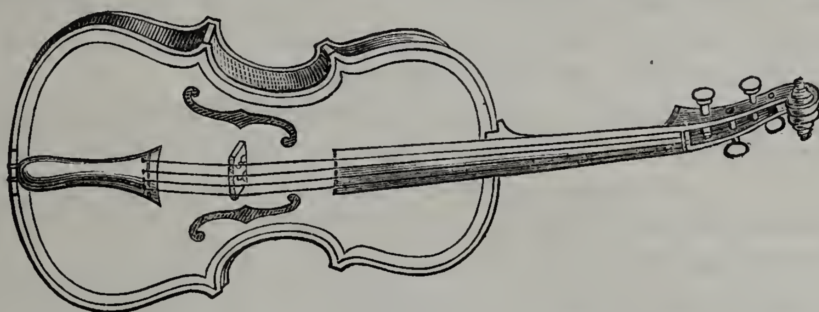


Fig. 16.

tinées à orner les instruments de luxe. Les articles à bon marché ont tout simplement une ligne peinte en noir. La crosse est faite de bois dur débité à la scie puis elle est évidée et sculptée à l'aide d'un petit instrument appelé *canif*. Ce qui élève le prix d'un violon c'est le choix des bois, la qualité du collage, du vernis etc., et surtout les épaisseurs mathématiques qu'il doit avoir; on compte 18 épaisseurs différentes mesurées au compas dans un dessous de violon bien fait. Lorsque ces différentes parties sont terminées, les S tracées et percées, le tout est réuni par un collage à la colle forte, la *pointe aux âmes* sert à placer intérieurement la petite tige (l'âme) qui soutient les deux parties de l'instrument à la distance voulue. L'instrument est ensuite peint puis verni. Lorsqu'il est sec on ajoute les différents accessoires tels que la queue, la touche, le chevalet, le sillet, les vis, le bouton et enfin les cordes. L'archet se compose d'une tige en bois dur mais flexible, d'un talon, d'un manche et d'une vis; il est garni de crins que l'on serre ou desserre suivant les besoins. Lorsque les luthiers de campagne ont fabriqué une dizaine d'instruments, l'un des membres de la famille se rend à la ville chez les négociants et offre sa marchandise à prix débattu, absolument comme les ébénistes du faubourg Saint-Antoine qui vendent à la *trolle*. Inutile de dire que Mirecourt et Lunéville ont des fabriques montées sur une grande échelle où se font les instruments d'un prix élevé, fig. 16.

Au point *de vue musical* les cordes de ces instruments sont accordées de quinte en quinte.

Le violon est le principal de la série, il a 4 cordes, une filée en laiton et trois en boyau, elles se nomment *sol*, *ré*, *la*, *mi*.

L'alto est un peu plus gros que le violon il a deux cordes filées et deux en boyau, elles se nomment *ut*, *sol*, *ré*, *la*.

Le troisième de la série est le violoncelle qui représente l'octave du précédent. Ses cordes s'accordent de même.

Vient enfin la contrebasse pour laquelle on est obligé d'employer du bois plus épais et plus grossier. Les vis sont métalliques et à engrenages. Cet instrument n'a le plus souvent que trois cordes, qui se nomment *sol*, *ré*, *la* (l'une d'elle est filée) Les contrebasses dites *de chapelle* en possèdent quatre et sont alors accordées *ut*, *sol*, *ré*, *la*, pl. I, fig. 11 et 12.

Depuis plus de 25 ans, la contrebasse adoptée pour l'enseignement au Conservatoire national est à 4 cordes accordées par quartes; ces cordes prennent les noms de *mi*, *la*, *ré*, *sol;* elles facilitent beaucoup le doigté, et les *principaux orchestres*, tels que ceux de l'Opéra, de l'Opéra-comique, des concerts Pasdeloup emploient cet instrument perfectionné. Mais dans les quatre cinquièmes des orchestres ordinaires on emploie toujours la contrebasse à 3 cordes; de sorte que les élèves du Conservatoire dès le début de leurs études font des exercices simultanés sur une contrebasse à trois cordes accordées *sol*, *ré*, *sol*; pl. I, fig. 11 et 12.

« La musique est aujourd'hui un art si répandu, *dit Guillemin dans son* « *ouvrage sur le Son*, que la plupart de nos lecteurs connaissent sans doute pour « l'avoir pratiqué, ou tout au moins pour l'avoir vu fonctionner le mécanisme « des instruments à cordes, du violon par exemple...

« Quatre cordes d'inégales grosseurs et de différentes natures sont tendues à « l'aide de chevilles entre deux points fixes, et rendent, quand on les pince ou « qu'on les frotte transversalement avec un archet, des sons de diverses hauteurs. « Les sons rendus par les cordes *à vide* (c'est-à-dire vibrant dans toute leur lon- « gueur doivent avoir entre eux certains rapports de hauteur. Quand ce rapport « est détruit, l'instrument n'est pas accordé. Que fait alors le musicien? Il tend « plus ou moins en serrant ou en desserrant les chevilles, celles des cordes qui « ne rendent pas les sons voulus; s'il les tend davantage, le son devient plus « aigu, plus grave au contraire s'il les détend. Mais quatre sons seraient insuffi- « sants pour rendre les notes variées d'un morceau de musique; l'exécutant en « multiplie à volonté le nombre en plaçant les doigts de la main gauche sur tel « ou tel point de chacune des cordes. En agissant ainsi il réduit à des longueurs « variées les parties de ces cordes que l'archet met en vibration. »

Les instruments à cordes pincées ne se jouent presque plus dans les orchestres, excepté la harpe dont nous avons déjà parlé.

Les guitares et les mandolines varient de forme, mais leur fabrication ne diffère pas des précédents.

Elles ont six cordes, s'accordent le plus souvent par tierce et se jouent soit avec les doigts, comme la guitare, soit avec un petit plectrum, comme les mandolines.

Dans les sections autrichienne et hongroise, nous rencontrons des instruments inusités en France, tels que les cithares composées de la guitare moderne et de la lyre antique et le cymbalon hongrois joué par les tziganes et représentant la table d'harmonie d'un piano garnie de cordes et mise à découvert. Pour en jouer, l'instrumentiste emploie deux petits marteaux en bois. Mêlé à d'autres instruments, il produit parfois des effets étranges; mais seul il est inacceptable pour des oreilles françaises.

IV. — INSTRUMENTS A VENT.

Instruments à vent en bois. — Les bois qui servent à la fabrication sont l'érable, le buis, la grenadille, la violette, l'ébène, etc. Ces bois précieux sont d'abord débités en billes par le manœuvre et ensuite remis au *tourneur* qui donne d'abord la forme au corps de l'instrument percé ensuite à l'intérieur à l'aide de gouges et fraises. Le *finisseur* prépare au canif toutes les incrustations, perce les trous, soit avec cet instrument ou à l'aide de fraises, (ces trous ont tous sans exception la forme d'un cône renversé) place les patins qui doivent supporter les clefs. Quand celles-ci ont été posées par le *cleftier*, l'instrument est repris par l'ouvrier précédent qui vérifie, ajuste, termine le trou de la tête si c'est une flûte ou garnit d'un bec et d'une anche simple, si c'est une clarinette ou d'une anche double, si c'est un hautbois ou un basson. L'anche est formée d'une ou de deux lames de roseau limées d'abord et finies ensuite à l'aide de la prêle (1).

Les principaux instruments qui composent cette série sont : la flûte ordinaire, le flageolet, le hautbois, le cor anglais, les clarinettes, et les bassons. Ces instruments sont transpositeurs ou non transpositeurs, pl. II. fig. 1. à 11.

Instruments à vent en cuivre. — La fabrication de ces instruments est l'une des branches les plus considérables de cette industrie. Le plus grand centre de production est Paris, mais la province et l'étranger fabriquent également. Là les métaux sont exclusivement employés.

Les ouvriers se divisent en trois sections principales et très-distinctes : les *pavillonneurs*, les *pistonniers* et les *facteurs*.

Les pavillonneurs font tout le gros œuvre : les pavillons, les cônes, les culasses, les tubes, en un mot toute la *chaudronnerie*. Le pistonnier continue l'œuvre commencée et fabrique le corps des pistons. Le facteur réunit toutes ces pièces, les soude et les contourne en emplissant au préalable les tuyaux, de plomb. Avant de terminer il met l'instrument au feu et comme le plomb devient entièrement liquide à 400 degrés et que le cuivre n'entre en fusion qu'à près de 1000 degrés, les tuyaux se vident de la manière la plus parfaite, et l'instrument une fois garni des pistons peut être livré au polisseur qui a recours aux moyens ordinaires pour terminer l'instrument. Les embouchures sont faites au tour et polies ensuite.

Nous citerons parmi les principaux instruments de cette série : les *cornets à pistons* proprement dits, les *saxhorns*, les *hélicons*, les *tubas*, etc; etc.

On fabrique également deux systèmes mixtes, c'est-à-dire des instruments à anches de clarinette ou de basson garnis de clefs et complétement en cuivre, ce sont les saxophones et les sarrusophones.

Comme familles d'orchestre ces instruments se groupent ainsi :

Sopraninos, sopranos et contraltos.	Petit Bugle Cornets à pistons Bugles
Altos.	Altos Cors
Ténors et Barytons.	Ténors Barytons
Basses et contrebasses.	
Trompettes et Trombones. Pl. I, fig. 13 à 20 et Pl. II, 12, 13, 15, 17, 18 et 19	

(1) Herbe employée dans le commerce qui, trempée dans l'eau, a la propriété de limer, d'amincir les bois et de polir les métaux avec la plus grande finesse.

Qu'il s'agisse des *tubas*, des *hélicons*, etc., c'est toujours la même classification. Les saxophones et les sarrusophones se classent exactement de la même manière : ainsi l'on dit *saxophone soprano*, *sarrusophone alto*, etc., Pl. II, fig. 14 et 16.

Dans la vitrine d'un de nos plus grands fabricants (maison Gautrot) nous rencontrerons le système équitonique pour les instruments à 4 pistons, qui consiste en une double série de pompes correspondant pour toutes les notes supplémentaires obtenues par ce 4e piston; système ingénieux à l'aide duquel on obtient ces notes très-justes en réglant ces coulisses.

Les instruments à percussion viennent ensuite : ce sont les timbales, fig. 17, les caisses et taroles, les grosses-caisses, les triangles, les cymbales, etc. Il est inutile de décrire ces instruments, qui sont d'une extrême simplicité au point de vue musical et à celui de la fabrication; les parties métalliques sont battues au marteau ou fabriquées au tour ; les peaux sont posées par les procédés ordinaires etc.

On fabrique des carillons de lames d'acier d'une ou de deux octaves chromatiques, fig. 18 et Pl. II, fig. 20 à 27.

Nous trouvons en dernier lieu les instruments non classés qui rentrent dans la catégorie des instruments de précision tels que les diapasons, sonomètres, pèse-cordes, et enfin les jouets d'enfants qui ne sont que des diminutifs ou des imitations plus ou moins réussies des instruments précédents; tels sont les harmonicas et les métallophones. Ces petits instruments se composent de lames de verre ou de métal suspendues sur des fils que l'on fait vibrer en frappant avec un petit marteau en bois ou en liège. Les xylophones se jouent à l'orchestre : ce sont des harmonicas dont les lames vibrantes, en bois sonore, sont placées sur de la paille et que l'exécutant fait résonner à l'aide de deux petits maillets de bois. Le sonomètre appartient aux instruments de précision et sert à mesurer les vibrations des différentes cordes. La sirène remplit un rôle analogue pour tous les instruments en général.



Fig. 17. — Timbales.

CLASSIFICATION DES INSTRUMENTS PAR ESPÈCE ET PAR TIMBRE

1° Instrument à clavier et à soufflerie — orgues et harmoniums — harmoniflûtes, accordéons, orgues mécaniques — à cordes frappées — Pianos.
2° Instruments à cordes pincées — Harpes, guitares, mandolines, cithares.
3° — à cordes frottées à l'aide d'une roue — La vielle.
4° — à cordes avec archet — violon, alto, violoncelle ou basse et contrebasse.
5° — à vent, en bois — à embouchure de flûte — flûtes et flageolets.
6° — à vent, en bois à bec, — clarinettes.
7° — à anche, hautbois, — cor anglais, bassons.
8° — de cuivre, à embouchure, pistons, saxhorns, trompettes, trombones, ophicléides.
9° — à bec, saxophones.

10° Instruments à anches de hautbois ou de basson, sarrusophones.
11° — à percussion — caisses, grosses caisses, cymbales, timbales, tams-tams ou gongs, carillons, etc.
12° Instruments non classés.

Il aurait été superflu de décrire toutes ces catégories d'instruments, famille, par

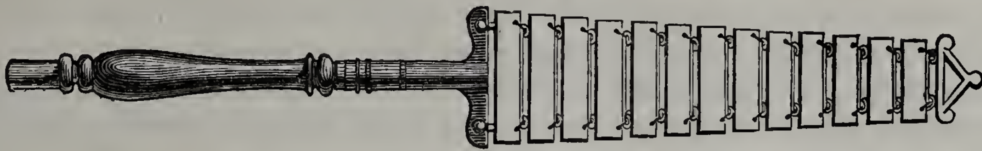


Fig. 18. — Carillon en lames d'acier.

famille, comme nous l'avons fait pour la première partie. Nous nous contenterons donc de citer ce qui nous paraît de nature à intéresser le lecteur. Lorsque nous sortirons de l'ordinaire nous donnerons quelques lignes de description.

NOMENCLATURE DE TOUS LES ACCORDS USITÉS EN HARMONIE.

1° *L'accord parfait* composé de la tonique, de la tierce, de la quinte et de la tonique redoublée (l'octave), — cet accord a trois renversements.

2° *L'accord de septième de dominante*, — succession de tierces, cet accord a 4 renversements et peut se faire sans préparation.

3° *L'accord de septième de seconde* identique au précédent exige au contraire une préparation.

4° *L'accord de 7e de sensible* se fait au contraire sans préparation.

5° *L'accord de 7e diminuée* comme son nom l'indique est une altération du précédent.

6° *L'accord de 7e majeure* exige à son tour une préparation.

7° *L'accord de quinte diminuée* n'a que deux renversements.

8° *L'accord de quinte augmentée* n'a également que deux renversements.

9° *Les accords* de *neuvième majeure* et *mineure* possèdent une tierce de plus mais ne se renversent pas.

10° *L'accord de sixte augmentée* termine la série et peut se réaliser de deux manières différentes.

Ces dix accords, avec leurs différents renversements, permettent d'écrire toute l'harmonie dans un ton donné.

Voy. la planche n° 1 fig. 1 à 10.

FRANCE. Une fois les grands facteurs d'orgues et de pianos passés en revue, il faut avant tout admirer la vitrine de MM. Gand et Bernardel frères, de Paris. Elle renferme de magnifiques instruments à archet. Le plus grand éloge que l'on en puisse faire c'est que M. Colonne les a adoptés pour ses concerts. Ce genre d'instruments figure aussi avec honneur dans les vitrines de MM. Cherpitel, Chardon, Collin-Mezin, Derazey (de Mirecourt). Nous trouvons chez un exposant de cordes à boyau un violon pèse-cordes Baudassé, Cazotte et fils de Montpellier (Hérault), chez un autre le violon est pris depuis le tracé au fusain jusqu'à la dernière main d'œuvre. M. J. Thibouville nous offre des violons qui atteignent le *nec plus ultra* du bon marché. Voici, par exemple, un *vosgien* qui, revenant à 5 francs peut être vendu 6f,70 cent. et un autre modèle dont le prix de revient est de 3f,75 cent. et dont par conséquent le prix de vente pourra ne pas dépasser 5 francs. En 1867 un solo fut joué par un grand artiste sur un de ces violons à bon marché, nous ne serions pas surpris si l'on décernait à la maison Gand un premier prix pour le travail artistique de ses instruments et une récompense à M. J. Thibouville pour le bon marché de la fabrication. Ce n'est pas sans éton-

nement que nous ne voyons pas figurer certains fabricants de cordes dont les produits avaient acquis de la célébrité.

Nous ne parlerons plus de l'harmonicor, de la flûte harmonique et du cécilium ; nous leur avons consacré une description quand nous avons parlé des instruments à clavier. Dans la vitrine de Martin (J.B.) nous voyons une flûte à *bouche* à une seule clef. A qui est-elle destinée ? Nous admirons les flûtes cylindrique de Barbier, les flûtes de Godfroy, les clarinettes-basses de Goumas (malheureusement d'un prix trop élevé pour être répandues dans nos musiques.)

On est encore plus émerveillé à la vue des instruments de cuivre, rangés méthodiquement, symétriquement, dorés, argentés, nickelés, ciselés; ce sont des joyaux auxquels nous n'oserions toucher. Encore si nous pouvions toujours les admirer à loisir, les étudier dans toutes leurs parties! Mais souvent il ne se trouve là personne pour donner les renseignements les plus simples. Cependant malgré tout, comme nous connaissons les fabricants et surtout leurs produits, nous allons nous en permettre une brève description. Nous sera-t-il permis de le dire ? Nous avons comme un pressentiment que la maison Courtois aura l'une des plus hautes récompenses, non pas pour la série d'instruments nouveaux de forme bizarre, nommés, autant que nous pouvons nous en souvenir, automorphes et qui ont tous depuis le plus petit jusqu'au plus grand la forme d'un S mais pour ses instruments de forme classique qui ont acquis une grande réputation.

La vitrine de Mme Vve Besson, est remarquable par sa collection d'instruments entièrement argentés. Inutile de rappeler que les cornets à pistons de cette maison ont une réputation universelle. La maison Gautrot aîné, Durand et Cie a également une vitrine de premier ordre, ses excellents sarrusophones y tiennent une belle place, il en est de même des instruments équitoniques ; nous y voyons aussi de beaux modèles de cornets à pistons et de bugles. Nous y avons trouvé une série d'instruments qui seront, il est vrai, une curiosité mais qui, à notre avis ne rendront aucun service pour l'exécution musicale. C'est une série d'instruments à 2 pavillons enfermés l'un dans l'autre (1 seul est visible) dont le son se transforme en baissant le 4e piston. Ex : un clairon est en si *b* et se joue avec une embouchure mixte, en baissant un piston l'exécutant monte d'une quarte et donne toutes les notes de la trompette avec le timbre du nouvel instrument. Cet instrument doublé est une réussite, M. Gandilhon, qui en est l'inventeur, a fait un coup de maître au point de vue de curiosité. Mais en est-il de même pour les autres instruments? une basse devient-elle bon trombone par le même procédé? Cela ne nous paraît pas possible. L'avenir nous fera connaître si notre jugement est juste. L'artiste qui a inventé ces intruments avait bien assez de titres à la renommée sans ceux-là : en effet, c'est à lui qu'est due la fabrication des sarrusophones. Nous voyons dans une vitrine secondaire de beaux saxophones que le fabricant M. Georges (de Toulon) nomme georgeophones, pour rappeler que certains perfectionnements ont été apportés par lui à l'instrument. La vitrine de M. Labbaye ne contient que cinq ou six modèles en cuivre *sans la moindre argenture.* Le fini de ces pièces, comme aussi la vieille réputation acquise à juste titre à l'habile facteur, nous font croire sans peine que M. Labbaye ne sera pas oublié, et qu'une médaille viendra le récompenser de ses travaux véritablement artistiques.

Citons encore la maison Lecomte qui expose en deux endroits; Millereau qui a exposé un nouveau saxophone, le sopranini en mi *b* dont on fait grand éloge; Royet (de Toulon) Sudre qui expose une contrebasse monstrueuse donnant l'unisson de la contrebasse à cordes.

Grande-Bretagne. — Chanot, de Londres présente deux violons, un alto, un violoncelle et une contre basse grand format à la Stradivarius; Lachenal, des

concertinas (nous n'en avons pas remarqué en France), et enfin la maison Wallis, des flageolets et des flûtes. Ces derniers instruments, destinés à l'armée, n'ont que peu ou point de clefs et sont construits en ré *b* et en mi *b*, les fifres jouant un très-grand rôle dans la musique anglaise. Aucun instrument de cuivre n'a été exposé. — Dans une salle voisine, se trouve l'harmonographe de Tilsey servant à reproduire les courbes des vibrations harmoniques.

États-Unis. — Ici l'exposition d'instruments est plus riche. La maison Albert offre aux yeux du public en même temps que ses violons de *formes différentes* des certificats constatant la réputation acquise avec ces instruments. Les vitrines de Lehnert et de Seefeldt, de Philadelphie, attirent également les regards. Comme en France la dorure et l'argenture ont été prodiguées. Mais nous constatons une forme particulière adoptée pour les gros instruments de cuivre américains qui rivalisent avec ceux de la France pour la perfection de la fabrication (l'excellente musique américaine qui est venue se faire entendre à Paris l'a prouvé) : ils sont tous tenus horizontalement par l'exécutant, et le pavillon par conséquent, se trouve placé tout à fait en avant.

Canada. — La maison Martel expose des violons très-ordinaires;

La *Suède* et la *Norwège* n'ont que des pianos. *Le Danemark* expose deux tambours (exposant Larsen, de Copenhague.)

En *Chine* les douanes chinoises et la maison Carlowitz exposent chacune un gong ou tam-tam. La composition métallique est excellente et un simple coup de mailloche produit un si grand effet que les surveillants chinois nous font signe de ne pas poursuivre l'expérience, parce que cela fait trop de bruit : recommandation bien inutile, une seule audition suffit et au-delà. Les autres instruments sont insignifiants.

Le *Japon* n'a rien en fait d'instruments.

L'*Espagne*, à part deux ou trois pianos, n'expose rien, pas même la guitare traditionnelle que nous trouvons cependant reproduite sur les tableaux et les photographies et dont un spécimen est accroché dans un modèle d'appartement.

La *Russie* possède une collection de diapasons de la maison Israïleff à Kostoff, des instruments de cuivre de Krountschak, d'Odessa.

La *Hongrie* est plus riche que les précédents en instruments, surtout, en violons. Certaines maisons rivalisent entre elles. Nous trouvons deux *cymbalons*, dont nous avons déjà parlé, de la maison Schunda et qui nous font l'effet d'être des instruments tout à fait nationaux car nous n'en avons pas rencontré d'autres, même dans la section autrichienne. Citons aussi les violons de Barabas, de Bastek de Nemessanyi, tous de Bude-Pesth. Polcelli montre dans sa vitrine un violon italien ayant appartenu à Mozart, qui, à notre avis, aurait dû être placé au Trocadéro. Schunda en plus de ses cymbalons offre une très-jolie collection d'instruments de cuivre.

Autriche. — C'est, après la France, le pays qui nous présente la plus belle collection d'instruments. La maison Breinl, de Graslitz (Bohême) a une très-jolie collection d'instruments à anches libres et autres pour enfants. Les maisons Voigt, Bucher, Lemböch exposent de beaux et bons violons ; Schwarz (C) et Shwarz (J), des *guimbardes* (sic). Les cithares paraissent jouer un très-grand rôle dans les concerts d'Autriche, cinq maisons en ont exposé. Kiendl et Kirchner sont des spécialistes qui ne fabriquent exclusivement que de ces instruments.

La cithare est un instrument mixte ayant de l'analogie avec la guitare et la lyre, composé de cordes fines sur lesquelles l'artiste exécute le chant et de grosses cordes métalliques qui remplissent l'office de basses. Nous avons entendu de

fort jolies mélodies sur ces instruments que l'on rencontre en France entre les mains de quelques artistes et amateurs. Nous voyons chez Payer et Zach de Vienne des flûtes occarines. Cet instrument étrange mérite une courte description. L'occarine est un vase en terre cuite qui n'a qu'un tube pour la bouche (embouchure de flûte) et sept trous pour les trois doigts de chaque main et pour le pouce de la main droite. La matière employée coûte à peine quelques centimes; la difficulté est de trouver un instrument d'accord avec l'orchestre. On a fabriqué le quatuor (soprano, alto, ténor et basse) le prix des instruments isolés varie de 2 francs à 15 francs l'un; mais un quatuor parfaitement accordé vaut dans les 160 à 180 fr. La France en reçoit une certaine quantité, et dernièrement la musique municipale de St-Germain-en-Laye, s'en est servie dans un concert donné à Paris. Les *Montagnards des Apennins* qui se sont fait entendre dans les différentes villes d'Europe excellaient sur ces instruments bizarres où les dièzes et les bémols ne peuvent se produire qu'en bouchant plus ou moins exactement les trous avec les doigts. Les maisons Barak de Jungbanzlace, Cerreny de Kœnigsgraetz, Farshy à Pardubitz (Bohême) Fuchs de Vienne, Horak de Prague Hüttl, Messani, Rott exposent des instruments à vent en bois et en métal, et Seidner de Brixen (Tyrol) une timbale qui s'accorde à l'aide d'un mécanisme particulier.

La *Suisse* nous offre surtout des *boîtes à musique*. Qui en a entendu une en a entendu dix et c'est toujours le même système d'étouffoirs. Le nombre et la liste des airs seuls, diffèrent selon le prix de ces instruments. Une maison de Berne expose une collection d'instruments de musique de bois et de cuivre qui nous paraît remarquable pour la pureté des formes (Hertig et Cie de Berne). Les principaux exposants de pièces à musique sont Grosclaude, Karrer et Cie, etc. etc.

L'*Italie*, pour les instruments dont nous nous occupons, comme pour les pianos, a essayé de rivaliser avec ses voisins, et elle offre aux regards du public des instruments magnifiques. Santucci et Toni de Vérone, Ruggiero de Naples rivalisent entre eux, mais Petitti de Milan les surpasse avec sa splendide vitrine visible sur toutes les faces, Nous y remarquons une série d'instruments contournés sur eux-mêmes et un genre de timbales de toute petite dimension. Les instruments à cordes sont en petit nombre. Où sont nos luthiers de Crémone? Gottardi de Trévise nous montre une contrebasse, Lorenzi de Vicence un quatuor, Motti d'Alexandrie une flûte métallique modifiée, Soverini de Bologne un clairon et Spada un basson en métal.

Belgique. — A titre de curiosité on peut citer une collection d'instruments en ébonite minéralisée (caoutchouc durci) de la maison Pavaux de Bruxelles. La maison Mongenot expose un quatuor et Mahillon une vitrine d'instruments de cuivre pouvant rivaliser avec ceux des facteurs français. Nous y trouvons même deux sarrusophones.

La *Grèce* a deux collections d'instruments nationaux : l'une exposée par M. Macropoulos, l'autre par M. Stathopoulos. Ce sont des violons, des guitares et des mandolines de formes tout à fait semblables aux nôtres. Le roi *de Siam* a envoyé une série complète d'instruments particuliers au pays : baguettes à tambours, clarinette, cymbales, gongs, ranats et marteaux pour frapper ces différents instruments, tambours d'homme, de femme etc, un *alligator* sorte de guitare et des instruments pour les rites sacrés, tels que cors, conques, etc.

La *Perse* offre quelques anciens instruments qui ont été en partie détériorés par des visiteurs maladroits.

Nous trouvons également en *Tunisie*, une exposition d'instruments locaux

faite par les soins du bey : La berza, la mezouad, la tabala, la zoukra, l'aouedia. Dans notre exposition algérienne il y a une collection à peu près semblable organisée par les soins de M. Brosselard. MM. Bacri, Bonatia et Estrenazi exposent des instruments à cordes pincées, guitares et mandolines.

Le *Portugal* nous offre un petit violon, des flûtes de bergers et une collection d'instruments ordinaires en cuivre de la maison Lameirâo.

Dans les *Pays-Bas* nous trouvons une paire de cymbales exposée par Bergen, MM. Nuñez et Sarapó, de la *Confédération Argentine* exposent une guitare et des violons fabriqués avec les bois du pays.

Nous voici arrivé — nous voudrions pouvoir dire heureusement — au terme de la carrière qui nous avait été assignée... Avons-nous, sur notre longue route, rencontré un de ces instruments nouveaux dont l'invention fait époque? — Ce n'est assurément pas le piano croisé que les bons fabricants condamnent, ni les différents orgues et pianos mécaniques jouant seuls et sans *âme* nos chefs d'œuvres musicaux, ni même le cécilium. Ce dernier instrument améliorera-t-il seulement nos chants d'église? Nous avons tout lieu de craindre que non.

Seul le sopranini est venu dans les saxophones combler une lacune; et M. Mayeur, qui l'a essayé lui prédit un grand avenir. Mais si l'on a rien trouvé de vraiment neuf ce qui était bien difficile après les inventions qui ont signalé ces trente dernières années, a-t-on du moins amélioré et perfectionné ce qui existait? Oui, certainement, mais dans une mesure assez modeste.

ERRATA

Page 30. — Avant-dernière ligne, *au lieu de :* soit avec un os d'âne ou de daim *tibia*, *lisez* : ou de daim (*tibia*);

Page 33. — 23e ligne au lieu de : Ces quelques lignes extraits de Polybe, lisez ces quelques lignes extraites de Polybe.

Page 34 — fig. 4. *supprimez* flûte de Pan.

Page 40. — 17e ligne, au lieu de : Champollion, Villedot; lisez Champollion, Villoteau, etc.

LES ÉVENTAILS

PAR Mme BURÉE, PROFESSEUR

SOMMAIRE

Importance de cette industrie. — Historique. — Procédés de fabrication. — Éventails de luxe. — Éventails ordinaires. — Fantaisie. — Centres de production. — Statistique. — Visite à l'Exposition.

Une industrie qui donne chaque année un chiffre d'environ 8 à 9 millions de francs et qui, sans compter les artistes, peintres, joailliers et sculpteurs qui ne dédaignent pas de suivre l'exemple des Boucher et des Martin, occupe près de mille ouvriers (969), mérite bien qu'on lui consacre quelques lignes dans ces études destinées à former une sorte d'encyclopédie des industries et des arts du dix-neuvième siècle.

Depuis longtemps, l'industrie de l'éventail est, en Europe, une industrie presque exclusivement française. Une de ces légendes historiques, d'autant plus facilement accréditées qu'elles sont moins fondées, attribuait l'invention de l'éventail à Corisande d'Andouin, comtesse de Guiche et de Grammont, célèbre par sa beauté sous le règne d'Henri IV.

Les monuments de l'antiquité ne nous donneraient-ils aucun renseignement à cet égard, qu'il serait encore évident que l'éventail a dû prendre naissance dans des pays chauds, et, qu'avant d'être un objet de luxe, il a été un objet d'utilité.

D'abord simple paquet de plumes, assez semblable à un chasse-mouche, l'éventail fut, dès la plus haute antiquité, employé aux cérémonies religieuses. Il servait à préserver les offrandes de la souillure de la poussière et des insectes, et il devint peu à peu, comme le parasol, l'un des attributs de la puisance suprême.



Fig. 1. — Éventail égyptien

Très-usité chez les Assyriens, les Perses, les Arabes, etc., il était, en Égypte, porté devant les princes de la famille royale et les grands dignitaires. Il avait la forme d'un demi-cercle, à la partie centrale duquel était adapté un manche : c'est, du moins, un éventail de cette forme qu'on voit représenté sur un des bas-reliefs de Thèbes (fig. 1).

Aux Indes, l'éventail était une simple feuille de palmier et le manche était latéral. Souvent cette feuille de palmier était, comme le représente la fig. 2, ornée d'applications d'étoffe, de broderies ou de dessins formés par des plumes de couleurs vives ou par des élytres de coléoptère à l'éclat métallique. En Grèce, si l'on en croit Bœttinger, les femmes avaient des éventails en forme de feuilles de platane, et elles empruntèrent plus tard à l'Asie les éventails de plumes. Parmi ceux-ci, les éventails de plumes de paon étaient les plus recherchés ; un vase peint du Louvre en représente un beau spécimen que nous reproduisons dans la fig. 3, page 70.

Les matrones romaines, dans les emprunts qu'elles firent au luxe de la Grèce, ne négligèrent pas l'éventail, elles en eurent de deux sortes : les *flabella*

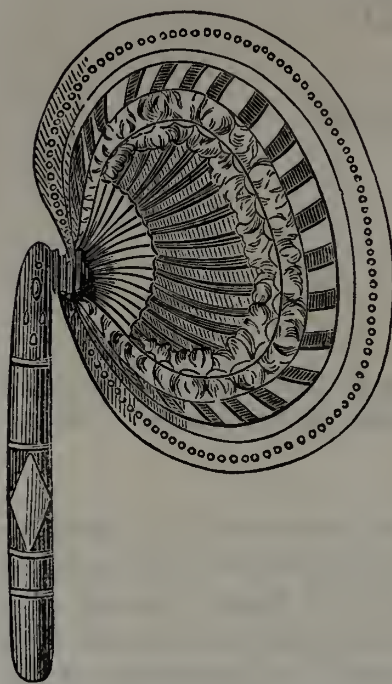


Fig. 2. — Éventail indien.

faits de plumes d'autruche, de paon, etc., et ceux qu'Ovide et Properce désignent sous le nom de *tabellæ*. Ces derniers consistaient en une étoffe tendue sur un châssis ou sur une mince planchette (*tabella*). Les dames romaines ne s'éventaient pas elles-mêmes; à l'imitation des Grecques, elles faisaient porter leurs éventails par des esclaves qui, de leurs fonctions, avaient pris le nom de flabellifères.

Les vases peints ne nous laissent aucun doute sur l'emploi de l'éventail, soit en Grèce, soit à Rome fig. 4.

Sur la foi de ces mêmes vases peints, les auteurs qui ont écrit jusqu'ici sur ce sujet affirmaient que l'usage de l'éventail à main était inconnu en Grèce. Nous croyons pouvoir dire que cette affirmation est, sinon erronée, du moins exagérée, car nous avons remarqué, dans une des collections particulières qui font partie de l'Exposition de l'art rétrospectif au palais du Trocadéro, une statuette grecque, en marbre blanc, représentant une femme assise et tenant à la main un éventail de la même forme que celui de la fig. 4, mais dont la petite dimension et le manche court indiquent évidemment un éventail à main.



Fig. 3. — Éventail de plumes de paon.



Fig. 4. — Flabellifère portant la flabella.

En Chine, l'éventail daterait, dit-on, du règne de Wou-Wang, contemporain de Ramsès II, lequel régnait en Égypte au dixième siècle avant Jésus-Christ.

Le Tchéou-li (rite de Tchéou), écrit mille ans avant notre ère, en fait déjà mention. Les éventails étaient alors en plumes, en feuilles de palmier, en bambou, en soie, etc., avec des manches dont les dimensions et la richesse variaient d'après leur destination. La figure 5, ci-contre, représente un éventail chinois antérieur au dixième siècle.

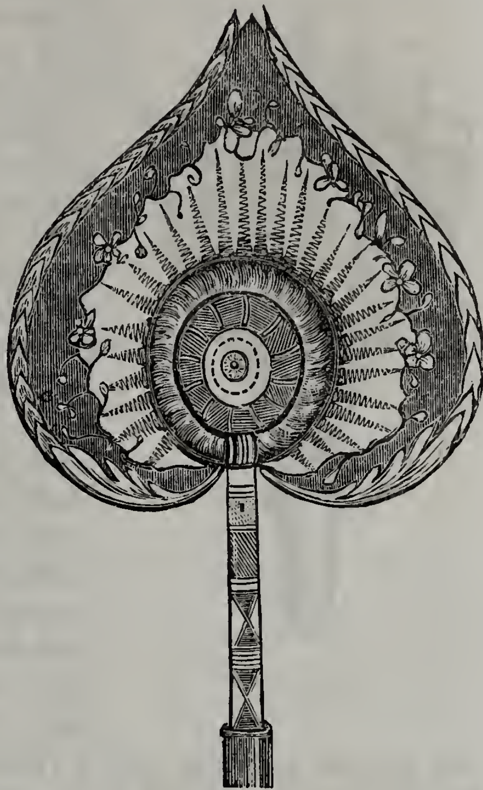


Fig. 5.

Tous ces éventails, égyptiens, grecs, romains, chinois, n'étaient, à proprement parler, que des écrans à main; l'éventail plié ou plissé n'apparaît en Chine qu'au dixième siècle de notre ère; les écrivains en parlent comme d'une invention étrangère, et tout porte à croire que cette invention est due aux Japonais.

Depuis la chute de l'empire romain en 476 jusqu'au onzième siècle, il est peu question de l'éventail dans la toilette des femmes; il semble réservé aux cérémonies du culte, et, pendant la messe, les diacres ou les acolytes l'agitent au-dessus de l'autel pour en écarter les mouches et pour figurer symboliquement la descente du Saint-Esprit. Cet usage, qui, d'après le père Bonanni, remontait aux Apôtres, fut rejeté à partir du treizième siècle. Cependant, lorsque le pape doit officier pontificalement, on porte encore aujourd'hui, à ses côtés, deux grands éventails en plumes de paon.

Banni de l'église, l'éventail reparut, à la suite des croisés, comme accessoire de la toilette des femmes. Assez rapidement vulgarisé dans les pays chauds, en Espagne, en Italie, il n'est adopté en France d'une manière générale que vers le dix-septième siècle, et au dix-huitième siècle il devient indispensable comme les gants et la canne.



Fig. 6.

Sur les monuments et les manuscrits du douzième siècle, on voit des éventails représentés, et au quatorzième siècle on en voit figurer dans les inventaires sous les noms d'*esmouchoirs*, *esventours*, *esventoirs*. Ils étaient alors en soie, en plumes, en ivoire, souvent très-riches, et affectaient les formes les plus variées, telles que celle de l'antique éventail de plumes, celle de drapeau encore à la mode en Égypte, en Algérie et dans l'Orient, fig. 6; quelquefois même, ils étaient plissés en forme de cocarde, suivant le goût de Byzance.

L'éventail plissé, en quart de cercle, imaginé, dit-on, au Japon, fut introduit en Chine et en Europe au seizième siècle par les Portugais. Il eut d'abord de 4 à 18 brins; sous Henri III, on lui en donna 24 à 26; sous Henri IV, 18 à 24; sous Louis XIV, les brins étroits et rapprochés furent au nombre de 18 à 20; sous Louis XV les brins furent élargis et la feuille plus haute devint souvent un véritable petit tableau. Boucher et ses élèves, les élèves de Le Brun peignirent alors des éventails très-recherchés aujourd'hui par les collectionneurs, et Martin en orna les bois de ses admirables vernis.

La fig. 7 représente un éventail plissé antérieur au règne d'Henri III.

Sous Louis XVI, on revint aux brins étroits, et on les espaça de telle sorte que le nombre en fut réduit à 12 ou 14. L'éventail en gaze, petit et pailleté d'acier, d'or, d'argent, fut très à la mode sous le Directoire et l'Empire. L'éventail brisé, qui n'a pas de feuille, a été à la mode en 1710, en 1810, en 1830; c'est encore aujourd'hui le seul qu'on fasse à Spa.



Fig. 7.

Quelque variées que paraissent avoir été les formes de l'éventail plissé, elles n'ont cependant été profondément modifiées qu'à deux époques : en 1720 et en 1841. En 1800, la gorge n'avait pas plus de 7 à 8 centimètres; on la vit plus tard atteindre 18 et 19 centimètres. Aujourd'hui l'éventail riche a de 18 à 20 brins élargis et ne laissant pas d'espace vide entre eux, de sorte qu'on peut les orner de peintures, d'émaux, représentant des sujets quelquefois aussi riches que ceux de la feuille. Pendant la première moitié de ce siècle, l'éventail fut réservé pour le bal et le théâtre; depuis 1855, où les éventaillistes furent nombreux et remarqués à l'Exposition, la mode de l'éventail n'a cessé de progresser et on le porte également à la ville. Le seul éventail de luxe est réservé pour le bal; il est peint à la main sur soie, parchemin, vélin ou canepin, soit par des artistes spéciaux, soit par des peintres qui, à l'imitation de Gavarni, dont la ronde de Pierrots fut très-remarquée en 1855, composent pour nos élégantes de véritables petits chefs-d'œuvre.

Procédés de fabrication. — L'éventail plissé, le seul auquel ait été conservé le nom d'éventail, se compose de deux parties, la monture et la feuille, lesquelles sont préparées par des fabricants différents.

La monture, appelée en terme technique *bois* ou *pied*, se compose des *brins* qui forment la *gorge*, ou partie intérieure de l'éventail, et des *panaches* ou *maitres-brins*, qui protègent la feuille lorsque l'éventail est fermé.

Les brins et les panaches sont d'abord débités à la scie, dans le bois, l'os, la corne, l'ivoire ou l'écaille par le *débiteur*, des mains duquel ils passent au *façonneur*, qui leur donne à la lime la forme voulue.

Ces deux façons peuvent être données soit à la main, soit à la machine, et la scie mécanique y est de plus en plus employée. Une fois préparé par le façonneur, le bois passe successivement entre les mains du *graveur*, du *sculpteur*, du *doreur*, du *poseur de paillettes*; il est alors terminé et envoyé à Paris au fabricant ou éventailliste.

Lorsqu'il s'agit d'un pied en bois découpé à jour, on colle sur les pièces préparées par le façonnier un dessin dans lequel les parties à ménager sont tracées en noir et les vides en blanc; puis on découpe à la scie à main, en suivant les contours du dessin. Les panaches sont découpés à la fois et les brins le sont sur trois, quatre ou seulement deux d'épaisseur suivant la disposition du dessin de la gorge. Pour un pied riche en ivoire ou en nacre, on grave d'abord le dessin au tour, puis on sculpte et on reperce à jour en dernier lieu au tour à repercer.

Lorsque le pied est entre les mains de l'éventailliste, on pose d'abord la *rivure*, petite tige de métal qui passe dans la *tête* des brins et des panaches et les maintient réunis. Les extrémités de la rivure sont munies d'une petite rondelle de

métal, et quelquefois elles sont ornées d'un strass ou d'une autre pierre fausse ou vraie, suivant la richesse de l'éventail. La mode de porter l'éventail suspendu au côté a fait ajouter à la tête de l'éventail une bélière dont les yeux remplacent les rondelles de la rivure. Les bois de grand luxe, ornés de peintures, d'émaux, de pierres fines, ne reçoivent ces divers ornements qu'à Paris.

La feuille, simple ou double, est en papier, en vélin, en parchemin, en canepin, en taffetas, en satin, en moire, en crêpe, en gaze ou en dentelle. Lorsqu'elle est en papier, on la double souvent d'une peau très-fine appelée *cabrétille*.

Un dessinateur compose le sujet que l'on fait ensuite lithographier ou graver pour le colorier, à moins qu'on ne l'exécute en chromolithographie.

Pour les éventails riches, la feuille est peinte à la main, à la gouache ou à l'aquarelle, sur vélin ou papier, par les *feuillistes*. La profession de feuilliste a pris beaucoup d'extension depuis quelques années, grâce aux écoles professionnelles de filles dans lesquelles elle est enseignée; la peinture en éventail est jusqu'à un certain point considérée comme petit ouvrage de femme et les magasins de travaux à l'aiguille vendent des soies toutes préparées pour écrans et éventails; — on y trouve même des peintures qui n'ont plus qu'à être montées.

Disons bien vite que, malgré la propagation de l'art de peindre sur soie, les bons feuillistes sont encore rares et bien rétribués.

Lorsque la feuille est prête, on la plisse dans un moule en papier très-fort. Pour cela, l'ouvrière prend le milieu de la feuille, le fixe au milieu du moule et commence à plisser ensemble la feuille et le moule en commençant par le côté le plus rapproché d'elle. Si la feuille n'a pas reçu d'avance la forme qu'elle doit avoir, l'ouvrière la rogne aux ciseaux sur les deux côtés de manière qu'elle ne dépasse pas le moule; ensuite, après avoir pris sur les brins la hauteur de la gorge, elle rogne le bas de la feuille avec un couteau à large lame, puis elle prend d'après les panaches la hauteur extérieure de la feuille et en rogne le haut au couteau, comme elle en a rogné le bas.

Lorsque la feuille est double, on en plisse les deux côtés en même temps. Pour les éventails de luxe, la forme de la feuille est toujours déterminée à l'avance par le peintre, et on découpe avant de plisser.

La feuille plissée, l'ouvrière enduit de colle les deux côtés des *flèches*, bouts minces et flexibles des brins; elle ouvre les plis à l'aide de la *sonde*, y introduit l'extrémité des flèches en replissant à mesure, fait glisser la feuille sur les flèches jusqu'à ce qu'elle affleure par en bas les brins, et il ne reste plus à faire que la bordure.

Pour les éventails communs et ordinaires, celle-ci consiste en une étroite bande de papier ou de toile collée à cheval au bord de la feuille, et c'est la même ouvrière qui plisse la feuille et la colle sur les flèches, qui pose aussi la bordure.

Pour les éventails d'un plus grand prix, on dessine ou on imprime la bordure à l'aide d'un mordant et on la dore ensuite en fin ou en faux, suivant le cas.

Le *décorateur* reprend l'éventail ainsi préparé; il complète l'enjolivement de la feuille du pied et des panaches par des ornements d'or, d'argent, par des émaux, des peintures, de petits miroirs, des pierreries, etc., et le livre à l'ouvrière chargée de faire la *visite* et de donner la dernière main à l'éventail en posant les glands, les houppes, les marabouts; cela fait, la même ouvrière assortit les étuis, et l'éventail peut être livré au commerce.

Le procédé chinois et japonais de plissage et de collage est un peu différent du procédé français; nous allons l'indiquer en quelques mots. Les feuilles, plissées dans des moules en papier huilé, sont pressées dans le moule; puis, après avoir été retirées de la presse et sorties du moule, elles sont replissées et laissées en paquet pendant vingt-quatre heures avant d'être montées. Pour monter

l'éventail, l'ouvrier étale une des feuilles sur l'établi, l'enduit de colle en plein, prend auprès de lui les brins qui sont rangés dans l'ordre convenable, les place sur la feuille aux endroits voulus, enduit de colle l'envers de la seconde feuille et l'applique sur la première. Il plie et déplie ensuite l'éventail plusieurs fois afin de s'assurer qu'il se développe bien, le fait sécher et pose la rivure ; après quoi il n'y a plus qu'à passer rapidement une couche de vernis sur le tout.

C'est ce genre d'éventails que les Japonais nomment *ogi.*

La fabrication des éventails est une de celles où le principe de la division du travail est le plus largement appliqué et il n'est pas rare qu'un éventail passe dans les mains de 18 à 20 ouvriers différents.

Cette division va même jusqu'à créer pour les fabricants des spécialités : celui-ci ne fait que l'éventail riche, celui-là ne fait que certains articles d'exportation, rejetant les formes qu'un autre adopte exclusivement; tel n'exporte ses éventails qu'au Mexique, tel qu'au Brésil, tel autre ne fait que la fantaisie et vous ne trouveriez pas dans ses magasins d'autres éventails que ces éventails à surprise qui sortent d'un bouquet, d'un cigare, d'une bouteille, etc.

De si mauvais goût que nous paraisse ce dernier genre, il n'en fait pas moins l'objet d'un commerce d'exportation assez étendu; il est telle maison à Paris qui n'en envoie pas pour moins de 50 à 60,000 fr. par an en Angleterre et en Amérique. L'éventail à surprise est à l'extrême limite entre l'éventail et l'article de Paris, c'est généralement un éventail plissé en cocarde et la matière exclusivement employée pour la feuille est la toile à calquer anglaise. La bouteille, l'oiseau, le canon, le pistolet, qui renferme l'éventail plié, en forme le pied lorsqu'il est ouvert. A l'intérieur de ce cartonnage se trouve un petit tube en carton dans lequel vient rentrer l'éventail lorsqu'on le ferme. Une baleine ou un petit ressort d'acier réunit au milieu les deux parties latérales de la cocarde qui viennent s'y replier lorsqu'on fait mouvoir deux fils fixés par en bas au fond du petit tube de carton et qui agissent sur la feuille à peu près comme une coulisse écartant les plis lorsqu'on les allonge et les resserrant à mesure qu'ils sont raccourcis. Primitivement, ces éventails rentraient simplement dans un rouleau de carton au moyen d'une ganse qu'on tirait : c'était l'éventail à tirette, qui fut inventé par un Américain, importé en France par un Berlinois et dont la fantaisie parisienne s'empara pour le modifier, du moins quant à son enveloppe qui revêt aujourd'hui des formes non moins variées que bizarres.

Centres de production. — Les centres de fabrication de l'éventail sont peu nombreux, cette industrie étant limitée à la France, l'Espagne, la Chine, le Japon et l'Inde. En France, c'est principalement à Sainte-Geneviève, à Audeville, à Corbeil-Cerf, au Déluge, à Coudray, aux environs de Beauvais et de Méru qu'on fabrique les bois d'éventails. A Sainte-Geneviève, on travaille l'os, la nacre, l'ivoire; au Petit-Fercourt et à Audecourt, la nacre et le bois des îles; au Déluge et à Corbeil-Cerf, le poirier, le pommier, l'alizier; à la Boissière, l'os. L'écaille qui revient à la mode, surtout l'écaille blonde et transparente due à la tortue caouanne, est généralement travaillée à Paris. C'est à Paris aussi qu'est faite la feuille et que l'éventail est monté chez l'éventailliste.

L'éventailliste sert de lien entre les ouvriers si divers qu'emploie la fabrication de l'éventail ; c'est lui qui commande les bois dans l'Oise, qui choisit les dessins, dirige les feuillistes et combine les diverses façons, de manière à obtenir un tout aussi élégant que possible.

Grâce aux perfectionnements incessants apportés à cette industrie, on est arrivé à Paris pour la feuille, dans l'Oise pour les bois, à atteindre un bon marché que les seuls Chinois peuvent surpasser : ainsi notre éventail le meilleur marché

revient à 3 centimes, et à Canton, on en fabrique à monture de bambou et feuille double qui sont livrés au commerce à raison de 12 francs le cent.

L'Espagne ne fabrique l'éventail que depuis cinquante à soixante ans; les centres de production sont Madrid, Barcelone, Valence, Malaga, Cadix.

En Chine, c'est Canton et E-Mouï qui produisent le plus,et, au Japon, ce sont les villes d'Osaka, de Kiyoto et Nagoya.

L'éventail constitue pour la France, la Chine et le Japon un grand commerce d'exportation avec le Portugal, l'Espagne, l'Italie, le Mexique, les Antilles, le Pérou, le Chili, le Brésil; les éventails chinois et japonais ont depuis quelques années presque entièrement remplacé en France les éventails français à bon marché. Lors de l'Exposition de Philadelphie, la commande s'est élevée en Chine à 1,200,000 francs.

Avant 1789, il y avait en France 56 fabricanls occupant 6,000 ouvriers. En 1827, on comptait 27 fabricants occupant à Paris 1,000 ouvriers, et 1,200 dans l'Oise pour un chiffre d'affaires de 1,013,000 fr. En 1847, 122 fabricants faisaient 2,902,800 fr. d'affaires et occupaient 565 ouvriers répartis comme il suit : 252 hommes, 264 femmes, 49 jeunes gens. En 1855, le chiffre d'affaires s'était élevé à 7 millions dont 5 pour Paris et 2 pour l'Oise; depuis lors ces chiffres ont peu varié à cause de la concurrence active que nous fait la ville de Valence, tant en Espagne qu'en Italie et dans toute l'Amérique espagnole.

Les fabricants d'éventails sont aujourd'hui en France au nombre de 49. Ils occupent 969 ouvriers, dont 282 hommes et 687 femmes. Le salaire moyen est de 8 fr. 50 pour les hommes et 3 fr. 50 pour les femmes.

La différence de la proportion entre le nombre des fabricants et celui des ouvriers indique clairement l'importance qu'a acquise le travail mécanique.

En 1855, 52 éventaillistes dont 26 Français figurèrent à l'Exposition; en 1867, les exposants furent au nombre de 36; il n'y en a cette année que 16 pour la France, 2 pour l'Espagne, 3 pour l'Autriche et 3 pour la Russie.

Avant de parler de notre visite à l'Exposition, disons quelques mots de l'écran de main si usité comme éventail en Asie, en Afrique, en Amérique et en Océanie.

Cette fabrication, sans aucune importance aujourd'hui en Europe, est au contraire très-importante en Chine, au Japon et dans l'Archipel indien. Les écrans à main d'Asie sont en feuilles de palmier, en jonc, en bambou, en vétiver tressé, en soie brodée d'or et d'argent; le manche est en bois, en os, en ivoire, quelquefois même en argent ou en or.

Les Chinois font de forts jolis écrans en soie ou en tissu d'orties, brodés sans envers, couverts d'applications de plumes de martin-pêcheur ou décorés de personnages dont la tête et les mains rapportés sont en ivoire peint. Ils en font également en plumes de cygne et de faisan-argus.

En Europe, Spa est cité pour ses écrans en bois vernissé, l'Angleterre pour ses écrans en papier mâché peint et laqué; Paris est le centre d'un commerce d'exportation assez restreint et dont les mille fantaisies échappent à l'analyse.

Visite à l'Exposition.

La réputation de Duvelleroy, de Rebours, de Kees, d'Alexandre, n'est plus à faire; mais il nous a semblé que si l'Exposition de M. Kees ne compte pas des noms aussi célèbres que ceux de Célestin Nanteuil, Comte Calix, l'Enfant de Metz, qui signent plusieurs des éventails exposés par M. Duvelleroy, que si elle n'offre pas le grand luxe de la maison Alexandre où les bois sont pour la plupart enrichis d'or, de perles, de turquoises, de coraux, elle est la plus élégante et la plus artistique de toutes.

Nous y avons remarqué, entre autres, un éventail, sujet moderne, de Prieur; un sujet Louis XV, fin et harmonieux de ton, de Lazelas; un autre non monté, de Millet, représentant une fête champêtre, et, en fait de nouveauté, deux éventails peints sur gaze avec application de dentelle. Parmi les montures, nous en citerons une en nacre grise incrustée de nacre blanche, plusieurs en écaille enrichie d'émaux, une sur laquelle la broderie de la feuille est reproduite par de minces filets d'or, et une autre enfin, vrai chef-d'œuvre de patience et de délicatesse, dont la nacre blanche est découpée si finement qu'elle est aussi légère que la dentelle qu'elle supporte et dont elle reproduit le dessin.

Nous avons nommé les peintres dont M. Duvelleroy nous montre les œuvres, leurs noms suffisent pour dire la valeur de cette exposition; notons ici, toutefois, une fantaisie de style persan fort originale et très-réussie.

Chez M. Alexandre et chez M. Creuzy, nous trouvons des peintures de Mlle Donzel dont la tonalité et la composition rappellent les éventails du dix-huitième siècle.

Chez M. Alexandre encore, un éventail de mariée; la monture en ivoire représente des fleurs d'oranger, et, sur la feuille en satin blanc, court une branche fleurie d'oranger peinte par Soldé : cela est plein de grâce et de simplicité. De l'autre côté de la vitrine, une ronde d'Amours de Beaumont dont la monture en ivoire porte un groupe d'Amours sculpté avec beaucoup de moelleux et d'élégance.

Chez M. Rebours, la richesse augmente encore; les bois dorés à l'or mat sont couverts de fines peintures; l'une des plus jolies feuilles est celle qui représente certains épisodes des pièces de Molière.

A côté de ces maisons de premier ordre, la maison Creuzy occupe un rang très-honorable; puis viennent les éventails en plumes de M. Monneret dans lesquels la feuille est remplacée par des plumes d'autruche collées de chaque côté des flèches qui sont reliées en haut et en bas par un fil; les éventails de M. Faucon qui, au prix de 19 francs, ont déjà une certaine élégance; les éventails brisés en nacre sculptée de M. Spiess; les éventails brisés en ivoire sculpté ou peint de M. Ahrweiler; et enfin un très-étrange éventail peint en trompe-l'œil, qui semble composé d'entrelacs de ruban et de valencienne appliqués sur un fond violet. Cet éventail, qui nous a semblé être ancien, est exposé par M. Le Clerc.

Un fabricant de la commune de Sainte-Geneviève (Oise), M. Galand, a toute une vitrine de bois exécutés au tour, sans guide mécanique, et réalisant, dit-il, une économie de 30 °/₀ sur les bois exécutés par les procédés ordinaires; parmi ces bois, quelques-uns sont d'un joli travail.

Nous nous sommes arrêté dans notre énumération, de peur de tout citer; n'oublions pas cependant l'article purement d'exportation représenté par les éventails s'ouvrant seuls de Mlle Robison et les éventails à surprise de M. Monneret et de M. Picquemal.

L'Espagne est représentée par M. Hipolito Bach, de Madrid, et correspondant d'une maison de Paris, qui expose des éventails riches de prix relativement modérés. L'un représente un atelier de peintre, l'autre une course de taureaux, l'autre un jardin public peuplé de personnages en costume national. Celui-ci est plein de lumière et de gaieté, la monture figurant des branches de lilas est d'une grande délicatesse de sculpture. A côté de ces éventails riches, M. Bach expose, aux prix de 8, 10 et 15 fr., de jolis éventails ornés de courses de taureaux. Un peu plus loin, dans un cadre, est un éventail non monté, signé José Lopez, qu'il est assez difficile d'apercevoir derrière le mannequin costumé qui le cache. Enfin, vient la maison Alvarez de Cadix et..... de la rue Chapon, avec des éventails en forme de pensée, de colimaçon, de coquillage, etc.

Les fabricants de Valence se sont abstenus au grand étonnement de leurs compatriotes, qui ne leur en ont pas moins consacré quelques lignes dans le catalogue.

En Italie, après de consciencieuses recherches, nous avons découvert deux vitrines renfermant, à côté d'autres objets, des éventails-cocarde en paille tressée provenant de Fiesole et des environs de Vicence. La section des beaux-arts en renferme un, non monté, bien entendu, peint par M. de Rossi-Gazzolo pour la belle collection de M. de Saint-Albin. Encore une œuvre que la France pourrait revendiquer malgré la nationalité de l'auteur, car M. de Rossi-Gazzolo est un des habitués de nos expositions de beaux-arts, et sa *Vue de Paris* de l'année dernière eût été certainement plus remarquée sans le bruit qu'on a fait autour de la *Vue du pont Royal* de M. de Nittis. La Grèce nous offre deux peintures de fleurs sur soie assez médiocres. Berne a deux écrans à main peints sur gaze.

Spa s'est évertué à varier ses formes et a réussi à donner à ses éventails brisés une forme ronde; peut-être eût-il mieux valu varier un peu les éternels bouquets de myosotis ou de violettes. Nous regrettons de n'avoir rien à dire des coffrets, car nous pourrions admirer les produits de Spa.

Bruxelles a de splendides dentelles noires, blanches et à fleurs blanches sur fond noir. La plus belle et la plus riche de toutes a été commandée par un éventailliste de Londres; elle représente un paysage avec architecture à l'antique, et dans le bas, à droite, deux personnages sur une escarpolette.

En Russie, nous retrouvons l'éventail de luxe, à la fois élégant et riche. Citons, de M. Pétrusz Koudski, un éventail brisé en bois orné de marqueteries de différents tons d'un effet fort agréable. Quant aux éventails à feuille peinte de M. Junge et de M. Lœnine, nous n'en saurions rien dire de mieux que de les comparer aux beaux éventails de style moderne des bonnes maisons françaises.

A Tunis et au Maroc, voici des éventails drapeau en vétiver tressé, en drap brodé d'or et d'argent et en plumes d'Autruche teintes en noir. Le centre de ces derniers est formé d'une étoffe ou d'un maroquin brodés qui, si on les relève, laissent apercevoir un petit miroir; dans le royaume de Siam, une sorte d'écran elliptique recouvert de damas de soie rouge et fixé à un manche long d'environ 60 centimètres. Dans l'empire d'Annam, deux éventails de plumes noires assez semblables aux éventails antiques. Ensuite vient le Japon avec des éventails brisés en bois et en ivoire, ornés d'arabesques d'or ou d'insectes peints et dorés. Ces éventails sont en général assez riches, mais fort chers. La Chine, moins artiste et plus commerçante, nous offre des éventails dont les prix varient de 1 à 25 fr. Ces derniers sont des éventails plissés dont la feuille est remplacée par des plumes de cygne, de pintade et de faisan-argus.

Dans l'Exposition de l'art rétrospectif, nous avons vu plusieurs éventails brisés en ivoire, peints par Martin. L'un d'entre eux, très-remarquable, figure dans l'Exposition belge.

En somme, si le monopole de l'écran de main et de l'éventail plissé à très-bas prix paraît assuré à la Chine, au Japon et même à Valence, il ne nous semble pas que, pour les genres de luxe, notre commerce d'exportation soit menacé par le développement de la fabrication de l'éventail à l'étranger.

BIMBELOTERIE

PAR

Mme BURÉE, PROFESSEUR.

SOMMAIRE.

Généralités. — Historique. — Centres de production. — Procédés de fabrication et statistique. — Cartes à jouer. — Jouets mécaniques. — Jouets instructifs. — Jouets scientifiques. — Visite à l'Exposition.

Généralités. — La bimbeloterie, ainsi nommée du vieux mot *bimbelot,* jouet d'enfant, dérivé lui-même de l'italien *bimbolo,* poupée, comprend non-seulement les divers jouets destinés à l'amusement des enfants, mais encore les masques, certains objets d'étagère, et des articles pour les confiseurs, les coiffeurs, les couturières et les modistes.

Elle se rapproche beaucoup de la tabletterie, et fait de nombreux emprunts à l'art du cartonnier, à celui du tourneur sur cuivre, du tourneur en bois, en os et en ivoire, à la bijouterie, à l'armurerie, à l'ébénisterie etc., etc., dont elle reproduit en petit les modèles, en en faisant tantôt des merveilles de finesse, tantôt des miracles de bon marché.

Laissant de côté la tabletterie, la vannerie fine, l'ébénisterie, la carrosserie, etc., appliquées à la bimbeloterie, dont nous ne pourrions nous occuper sans tomber dans des redites de ce que contiennent les articles spéciaux consacrés aux diverses industries auxquelles celle dont nous parlons fait des emprunts plus ou moins considérables, nous nous occuperons spécialement du jouet d'enfant.

Historique. — A toutes les époques et chez tous les peuples, les jouets ont fait l'objet d'une fabrication et d'un commerce considérables. Moins assujettis aux caprices de la mode que ne le sont les objets de luxe et de plaisir, ils gardent quelquefois longtemps leur caractère national ; étant pour la plupart les instruments d'un apprentissage facile des arts, des métiers et même de certains devoirs de l'existence, ils révèlent les goûts et les aptitudes du peuple qui les façonne. Ainsi voyons-nous nos petits garçons français jouer au soldat, les petits anglais jouer au matelot, les petites filles de tous pays préférer aux autres jouets la poupée qui leur donne un avant-goût des soins de la maternité. C'est ainsi également que l'Angleterre protestante met aux mains de ses *babies* des arches de Noé et que dans les pays catholiques le commerce des statuettes, chandeliers, etc., pour les chapelles enfantines, prend une certaine extension.

Après qu'un costume national est abandonné de toute une province, de toute une nation, la poupée, qui lui est restée plus longtemps fidèle que tout autre, le reproduit encore pour le plaisir des curieux et des collectionneurs. C'est elle qui a été chargée de révéler la mode française au monde entier et qui en a, dès le XIVe siècle, établi la suprématie.

Des comptes royaux datés de 1391 font mention de cadeaux de poupées à la reine d'Angleterre. Cette reine, mariée à Richard II, ne jouait certes plus à la

poupée, mais était curieuse des élégances introduites dans le costume par la belle Isabeau, femme de Charles VI.

En 1496, c'est à la reine d'Espagne, la grande Isabelle, qu'est adressé le don royal d'une poupée habillée et coiffée à la dernière mode de la cour de France; la duchesse de Bavière en reçoit une en 1571, et ces envois se multiplient à tel point pendant le xviie et le xviiie siècle, que les mémoires du temps en parlent. Les dévots de l'hôtel de Rambouillet nous apprennent que la belle Julie d'Angennes et les précieuses qui fréquentaient sa ruelle daignaient habiller, de leurs propres mains, des poupées qu'elles envoyaient en province et à l'étranger pour y propager le bon goût dans l'ajustement.

Si l'on en croit Addison et l'abbé Prévost, la poupée modèle acquit une si grande importance, que les cabinets de Saint-James et de Versailles durent délibérer sur son sort, pendant la guerre entre la France et l'Angleterre. Après bon nombre de notes et de négociations diplomatiques, la poupée obtint un sauf-conduit, et pendant que le duc de Marlborough nous battait sur les champs de bataille, les grandes dames anglaises purent faire assaut avec les nôtres, sur le terrain de la « braverie », comme on disait alors.

Grâce aux faciles communications, grâce aux gravures coloriées des journaux de modes, la poupée a beaucoup perdu de son importance; elle est cependant encore indispensable pour enseigner la manière de porter certaines choses. On raconte que, lorsque les dames de Calcutta reçurent les premiers mantelets, elles se les mirent sur la tête en manière de mantilles; il ne fallut rien moins que l'arrivée d'une poupée équipée dans le dernier goût pour faire cesser une si grave erreur.

C'est à Paris qu'appartient le privilège de fournir, en tous pays, des poupées habillées; nulle part elles ne sont si bien parées, si richement vêtues, avec un goût plein d'élégance; nulle part la poupée-cocotte ne se montre plus à son avantage et nulle part la poupée ordinaire n'est aussi bon marché.

Ainsi, on a pour 4 fr. une poupée habillée, de 24 centimètres de haut; et des poupées de 8 centimètres et demi, vêtues d'une jupe de papier, d'une robe de mousseline et coiffées d'un chapeau de carton, peuvent être livrées en fabrique au prix presque fabuleux de 8 centimes.

Les poupées en carton de l'Allemagne, les poupées en bois du Tyrol, viennent nues à Paris pour y être habillées. Il est rare que la poupée soit complètement de fabrication parisienne : lors même que le corps est fait à Paris, la tête vient le plus souvent de l'étranger. Les têtes en cire viennent de Londres, celles de porcelaine proviennent de Nuremberg, de Cobourg, de Sonnenberg; celles de papier mâché nous sont envoyées par la Saxe. Ce n'est pas à dire qu'on ne fabrique pas de têtes de poupée à Paris; bien que certaines raisons que nous exposerons plus loin entravent cette fabrication, nous n'en faisons pas moins de jolis bustes de poupée en carton, en cire, en biscuit, mais ils ont l'inconvénient d'être d'un prix plus élevé que les produits anglais et allemands.

S'il nous fallait décrire tous les jouets qui ont été et sont encore en possession de charmer les loisirs de l'enfance, depuis les échecs qu'on prétendait inventés par Palamède pour tromper son ennui pendant le long siège de Troie, et qui sont nés dans l'Inde à une époque beaucoup plus reculée, ou le noble jeu de l'oie renouvelé des Grecs et les astragales chères aux jeunes Romains, pour arriver jusqu'au jeu de steeple-chase qui prépare aujourd'hui nos enfants aux plaisirs du turf et aux émotions des paris, en passant par les peintures de Jacquemin Gringonneur auquel on payait seize sols parisis le jeu de cartes du roi, nous risquerions et d'abuser de la patience de nos lecteurs, et de commettre quelques erreurs à propos de l'origine, aujourd'hui presque inconnue, de la plupart des jouets. Nous nous bornerons à dire que le cygne attiré par un aimant

est dû aux Arabes d'Espagne, ce qui en place l'origine entre le VIIIe et le XVe siècle; que le jeu de diable fut importé de la Chine par lord Macartney; et que les bébés furent apportés du Japon, vers l'année 1853, par les attachés d'ambassade de M. Lagrené. Quant au pantin, il est né à Paris en 1725 et, si l'on en croit la chanson bien connue des enfants de la Picardie et de l'Ile-de-France, ceux de Saint-Ouen et de Saint-Denis s'étaient acquis une réputation à laquelle ne purent jamais atteindre ceux de la Villette. Il est vrai qu'une chanson de ce genre n'est pas une bien grande autorité.

Centres de production. — Chaque pays a certains jouets qui lui sont particuliers et qui font l'objet d'un commerce intérieur et même d'un commerce d'exportation, mais ce n'est qu'en France et en Allemagne que l'exportation des jouets est faite sur une grande échelle.

Paris, outre la spécialité de la poupée habillée dont nous avons déjà parlé, a encore celle des jouets mécaniques ou automates, des cartonnages, des pièces de physique amusante, des batteries de cuisine, des ménages, des mobiliers plus ou moins luxueux qui comprennent jusqu'à des pianos d'une octave dont les touches font vibrer un harmonica, des boutiques, des ateliers, des chemins de fer de fabrication soignée, et ce sont des maisons parisiennes qui, les premières, ont mis en vente ces jouets en caoutchouc si préconisés dans un temps parce qu'ils ne se cassent pas, et que la science, après Raspail, a reconnu dernièrement comme susceptibles de produire de violentes intoxications.

En effet, le caoutchouc employé dans la fabrication des jouets est le caoutchouc dit vulcanisé, qui contient une assez forte proportion d'oxyde de zinc (60, 38 0/0), dont l'ingestion peut causer des accidents assez graves. Le professeur Tollens de Berlin a constaté, en outre, dans les jouets en caoutchouc, la présence d'une certaine quantité de chaux et d'acide phosphorique.

Saint-Claude, Poligny, Cornon, Pont-en-Royans, n'ont pas de rivaux pour les articles de bimbeloterie tournée, tels que toupies, boules, quilles, bilboquets, jeux de croquet. Wasselonne fabrique des billes qui sont préférées à celles de Saxe; Manheim est célèbre pour ses figurines, Hildburghausen fabrique des têtes de poupée; Rodach, Sonnenberg, Neustedt font toute sorte de jouets en papier mâché.

Bien que le département de l'Oise, dans lequel on compte environ 1,500 ouvriers tablettiers, fournisse à la bimbeloterie un certain nombre d'objets en os ou en ivoire, ce sont plutôt des objets d'étagère que des jouets, et la plupart des jonchets et des pièces d'échiquier nous sont fournies par Geisslingen dans le Wurtemberg. Vienne fabrique quelques ingénieux jouets à ressort; Nuremberg est si célèbre pour ses poupées, qu'il est à peine besoin que nous la citions. Tout le monde connaît également les innombrables soldats d'étain que Berlin envoie sur tous les points du globe et les jouets, en bois blanc sculpté, du Tyrol. La vallée de Grœden, à elle seule, fournit le marché de Paris d'animaux, de ménages, de petites voitures, de poupées articulées, le tout d'un bon marché inouï malgré la perfection relative du travail.

Biberach, dans le Wurtemberg, fait des jouets en tôle vernie; Oberleustendorf fabrique ces boîtes oblongues en sapin, si connues des enfants et qui sont remplies de personnages, de ménageries, de bergeries, de villages composés de maisons pleines et d'arbres en bois frisés au couteau, puis peints en vert éclatant. L'importance de cette fabrication est telle, que l'on a surnommé Oberleustendorf : *la boutique de jouets du globe.*

Londres fait des bustes de poupées en cire d'une remarquable perfection; elle reproduit en petit les voitures, le matériel des fermes et surtout les navires; pour ce dernier jouet, la concurrence est grande en Angleterre, car il n'est

pas de port qui ne fabrique des vaisseaux de tout genre, mâtés, gréés, équipés, garnis de leur équipage, voire même de leurs canons; mais la bimbeloterie anglaise est trop chère pour pouvoir être exportée.

Le professeur Ed. Cowper, de Londres, eut le premier l'idée de faire fabriquer et vendre comme jouets de petites machines et des machines-outils douées de mouvement. L'exemple de l'Angleterre nous a profité, et nous comptons parmi nos jouets de petites machines à vapeur verticales, des scies à découper, des machines à coudre, des locomotives, des bateaux à vapeur, etc., etc.

Si grande que soit la production de la France et de l'Allemagne, si bon marché qu'en soient les produits, il leur serait encore impossible d'entrer en comparaison avec la Chine. Il n'est pas de pays en Europe qui produise des jouets à des prix aussi minimes que ceux des jouets en carton, en papier, en bambou qui sont envoyés chaque année de Chine aux familles chinoises établies dans l'Archipel indien, dans l'Annam et dans le royaume de Siam.

Les Chinois exportent également, mais en moindre quantité, des poupées, des jouets à ressort, des statuettes peintes ou habillées. Ces dernières viennent jusqu'en Europe où elles sont plutôt considérées comme objets d'étagères et comme curiosités; de bimbelots, elles deviennent bibelots, ce qui est fort différent.

L'éclat des couleurs, la hardiesse, la gaieté, la bizarrerie, sont les qualités du jouet chinois.

Le goût artistique si fin et si pur des Japonais se retrouve dans leur bimbeloterie : les poupées habillées de Yeddo sont aussi élégantes que celles de Paris; les petits animaux en soie, oiseaux, chiens, singes, souris, sont d'une rare perfection, les souris surtout; les figurines en porcelaine et en terre cuite, reproduisant des types le plus souvent grotesques, sont recherchées des collectionneurs européens. Les jouets japonais abondent dans les Pays-Bas, où ils sont apportés directement; ils sont en général très-bon marché et d'une rare élégance; ils n'ont toutefois ni l'éclat, ni l'allure originale des jouets chinois.

Procédés de fabrication et statistique. — Pour tout ce qui n'a pas trait à un métier en dehors de la bimbeloterie, comme la bijouterie, l'ébénisterie, l'armurerie, etc., etc., les procédés de fabrication sont tout à fait insaisissables. La division du travail est extrême; le buste, le corps, les dents, les yeux, les mains, les cheveux des poupées sont l'objet d'autant d'industries diverses; il y a à Paris des couturières, des bonnetiers, des fleuristes, des modistes dont la clientèle est exclusivement composée de poupées, et il est tel de ces petits personnages de peau et de carton qui passe par plus de vingt opérations différentes et peut être livré cependant au prix de 2 francs. Il est vrai que le salaire des ouvriers bimbelotiers est assez modique, les hommes gagnent en moyenne 5 fr. 50 c. par jour, la journée minimum étant de 3 fr. 50 c. et la journée maximum de 8 francs.

Les ouvriers qui arrivent à gagner plus de 5 fr. par jour sont les mouleurs et les cartonniers mécaniciens; ils sont généralement aux pièces.

Les femmes sont également payées aux pièces; elles gagnent, en moyenne, 2 fr., le minimum étant de 75 c., et le maximum de 4 francs.

Celles qui gagnent 75 c. collent du papier sur les petits meubles en carton et habillent les poupées communes. Les habilleuses sont payées 1 fr. 25, 1 fr. 50, 2 fr., 3 fr. et 4 fr. Ces dernières sont chargées de créer les modèles de toilettes. Les petits ouvrages en perles et les culs de volants sont payés à raison de 1 fr. par jour. Les ouvrières qui font les masques et les têtes pour les modistes sont nourries, logées, blanchies et reçoivent 6 fr. par semaine; une première a, en outre de la table, du logement et du blanchissage, des appoin-

tements de 300 fr. par an, juste ce que gagne une bonne sous-maîtresse de seconde classe; encore cette dernière n'est-elle pas aussi sûre que l'autre de trouver de l'emploi quand elle en manque.

Les petits garçons au nombre de 1,175, et les fillettes au nombre de 1,313 qu'emploie la bimbeloterie, perçoivent un salaire moyen de 1 fr. 95 par jour.

Les ouvrières bimbelotières changent de profession trois ou quatre fois par an : au printemps, elles travaillent chez les monteurs de chapeaux de paille; en été et en hiver, elles font de la lingerie ou de la confection; en automne, elles entrent chez les fabricants de papier ou dans les fabriques de jouets.

Il est assez malaisé d'indiquer le nombre de fabricants et d'évaluer le chiffre de la production, tant les fluctuations sont grandes d'une année à l'autre; d'après les statistiques qui semblent les plus exactes, il y aurait à Paris 1,504 fabricants patentés et plus de 3,400 ouvriers (1,002 hommes et 2,398 femmes) pour un chiffre d'affaires de 8,534,990.

Pendant la morte saison qui est de quatre mois, de janvier à avril, certains fabricants occupent leurs ouvriers à d'autres travaux, notamment aux équipements militaires. La mode peut donner à la fabrication de certains jouets des proportions tout-à-fait exceptionnelles. Sous Henri III, le bilboquet a fait, à plusieurs reprises, la fortune des tourneurs en buis de Saint-Claude et de Poligny; au XVIIIe siècle, les pantins firent fureur; les marquis, les chevaliers à la mode et les petits abbés en portaient dans leurs poches, dont ils divertissaient les cercles élégants; Boucher et d'autres artistes de talent ont peint quelques-uns de ces pantins favorisés par la mode. De nos jours, les petits pistolets pneumatiques se sont vendus en quantité telle que le zinc en a renchéri; ensuite sont venus les toupies de cuivre, puis les parachutes en mousseline et en papier, imaginés par Châtelain; ces parachutes coûtaient deux sous et Paris en vendit pour 4 millions en une saison.

Bien que plus chers (0 fr. 25), les petits ballons roses remplis d'hydrogène ont été vendus par milliers; dans les premières six semaines de leur apparition, ils produisirent, à un seul fabricant, un bénéfice de 300,000 francs. Les questions ont fait prime; de 25 centimes, elles montèrent à 1 fr. 25 c., la livraison ne pouvant pas répondre à la commande, et nul ne saurait compter le nombre des cricris qui ont agacé nos oreilles l'an dernier. Tout le monde se refaisait enfant pour faire crier ce discordant petit instrument dû à la fantaisie de quelque ouvrier inconnu du Marais ou du quartier du Temple.

Tandis que chaque commerce demande directement ses approvisionnements à tel ou tel grand centre de production, la bimbeloterie, soit de Londres, soit de Paris, compose ses assortiments d'articles venant d'un grand nombre de pays divers. La division du travail est si grande pour le jouet, que tel paysan de la vallée de Groeden ou du Hartz qui sculpte des poupées articulées, n'a jamais tenté de façonner un coq ou un âne; tandis que tel autre, qui fournit assidûment les ménageries, n'a jamais essayé de faire une poupée, et il est rare qu'on cherche à imiter dans un pays la spécialité d'un autre.

Bien que la bimbeloterie n'ait jamais réclamé l'attention ni des Chambres de commerce ni des législateurs, elle est cependant très-protégée; et les droits de douane sont assez peu élevés pour qu'on n'hésite pas à se procurer à l'étranger les jouets qui y sont plus parfaits qu'en France.

Nos peintres sur porcelaine refusant de peindre des têtes de poupée, les fabricants sont forcés de se fournir soit à Sonnenberg, soit à Cobourg, soit à Nuremberg; mais, comme cet article est frappé du même droit de douane que la porcelaine, afin de diminuer le poids des envois, on supprime la partie postérieure de la tête et on la remplace par du liége. De la sorte, tout le monde est satisfait, le fabricant qui est dégrevé d'une partie du droit d'entrée et la pro-

priétaire de la poupée qui peut, pour coiffer sa « fille », enfoncer des épingles dans la calotte de liége. Les têtes ainsi préparées sont également vendues, sous le nom de *têtes à coiffer*, aux personnes qui étudient la coiffure. N'y aurait-il pas, dans ce genre de peinture dédaigné de nos grands artistes, une profession lucrative pour les jeunes peintres sur porcelaine des écoles professionnelles de filles? Décorer le jouet, habiller la poupée, c'est s'occuper de l'enfant, et cela revient de droit à la femme, à ce qu'il nous semble. Combler cette lacune dans l'enseignement de nos écoles, aurait ce triple résultat de donner aux jeunes filles qui peignent sur porcelaine une spécialité dans laquelle elles ne rencontreraient pas la concurrence masculine, d'enlever à l'Allemagne le monopole des têtes de poupée et d'abaisser le prix de la poupée, puisque nos fabricants n'auraient plus à acquitter des droits de douane qui s'élèvent à environ 75 0/0 de la valeur des porcelaines expédiées par l'Allemagne.

Les chiffres suivants, relevés par la Chambre de commerce, indiquent suffisamment l'importance de la bimbeloterie et de la fabrication des jouets, ainsi que l'extension qu'elles ont prise :

En 1827, la production fut de	336,000 fr.
En 1856, —	4,420,000 fr.
En 1857, —	5,192,000 fr.
En 1858, —	3,443,000 fr.

L'abaissement de ce dernier chiffre est dû à la crise américaine. Pendant la même période, l'importation fut de 369,387 kilog. représentant une valeur de 742,528 fr. fournis presque entièrement par l'association allemande.

L'exportation s'éleva à 1 million de kilogrammes représentant une valeur de 4,750,000 fr. et répartis comme il suit :

Angleterre.	276,000 kilogrammes.
Belgique.	159,000 —
États-Unis.	139,000 —

Puis viennent, d'après l'importance de l'exportation, l'Espagne, le Brésil, la Suisse, le Pérou, l'Algérie, l'Italie, le Mexique et le Portugal.

Le dernier recensement fait en Angleterre indiquait 2,500 ouvriers répartis de la sorte : 1,033 hommes et jeunes garçons, 876 femmes et jeunes filles. L'exportation anglaise est en moyenne de 900,000 fr. par an.

A la même époque, l'association allemande exportait 3,200,000 kilogr. de jouets. Cette fabrication est si importante en Allemagne, que la Saxe possède à elle seule 700 fabriques.

Depuis 1859, l'exportation de la France a toujours été en croissant et n'a éprouvé de temps d'arrêt que dans les années malheureuses de 1870 et 1871 où elle a atteint cependant un chiffre supérieur à ceux des années 1859, 1860 et 1861. En 1872, elle s'élève tout à coup à 1,267,255 kilog. représentant une valeur de 7,810,311 fr., chiffres qu'elle n'avait jamais atteints auparavant, et en 1876, elle est de 19,555,686 fr. pour 2,859,912 kilogrammes.

Les chiffres suivants, relatifs à l'exportation et à l'importation de la bimbeloterie, permettront au lecteur de se rendre compte par lui-même de la grande importance qu'a prise chez nous, depuis 1859, l'industrie du jouet.

En 1859,	l'exportation est de	4,102,722 fr.,	l'importation de	901,402 fr.
1860,	—	4,350,892	—	963,869
1861,	—	4,296,337	—	729,075
1862,	—	5,368,555	—	772,160
1863,	—	5,605,717	—	900,164

En 1864, l'exportation est de		6,960,806 fr., l'importation de		1,039,814 fr.
1865,	—	5,334,000	—	312,599
1866,	—	5,959,938	—	324,058
1867,	—	6,168,954	—	126,978
1868,	—	6,091,036	—	123,694
1869,	—	6,812,088	—	148,240
1870,	—	4,490,394	—	236,922
1871,	—	4,631,278	—	97,414
1872,	—	7,810,311	—	244,006
1873,	—	9,621,989	—	216,945
1874,	—	9,207,588	—	268,418
1875,	—	14,149,668	—	267,810
1876,	—	19,555,686	—	207,401

Avant de nous occuper du jouet purement scientifique auquel est plus spécialement consacré cet article, nous dirons quelques mots des jouets instructifs et de deux fabrications assez importantes : celle des cartes à jouer et celle des jouets mécaniques.

Cartes à jouer. — *Historique.* — Les écrivains qui ont publié des études sur les cartes à jouer sont nombreux, et tous ont fait preuve de science réelle et d'érudition sans cependant être arrivés à assigner aux cartes une origine certaine. Les uns les font naître en Chine vers le douzième siècle de notre ère, et les Mongols les auraient introduites dans l'Asie occidentale d'où les croisés les auraient importées en Europe ; d'autres les attribuent à l'Inde et les croient apportées en Italie ou en Espagne soit par les Maures, soit par les Gitanos, Tziganes, Gypsies ou Bohémiens qui ont été de tout temps en possession d'exploiter la crédulité humaine par la cartomancie. D'autres encore disent que ce sont les Grecs, réfugiés à Venise après la conquête de Constantinople par Mahomet II en 1453, qui ont fait connaître les cartes à l'Italie d'où elles se sont rapidement répandues dans les autres pays européens (1).

Quoi qu'il en soit de ces opinions diverses, il est certain que les cartes étaient connues en France vers 1369. Le plus ancien monument écrit qui en fasse mention est un compte de l'argentier Poupart, rapporté par Duchesne dans l'*Annuaire de la Société d'histoire de France pour l'année* 1837. Voici quelle en est la teneur : « A Jacques Gringonneur pour trois jeux de cartes à or et à diverses couleurs, ornées de devises, pour porter par devers le seigneur roi pour son esbattement, 56 sols parisis. »

Ces cartes, dont les tarots actuels ne sont qu'une pâle image, n'étaient point des cartes numérales comme celles dont on se sert aujourd'hui ; de même que les *Naibi* imaginés par les Italiens pour l'instruction des enfants, elles étaient toutes ornées de figures peintes sur fond or avec beaucoup de talent. Hautes de 7 à 8 pouces, elles étaient au nombre de cinquante, divisées en cinq séries de couleurs, de dix cartes chacune ; les sciences, les arts, les vertus, les planètes, certains détails de la vie y sont représentés en personnages, mais elles ne portent ni chiffres ni inscriptions qui puissent nous indiquer la manière dont on s'en servait. Ces jeux de cartes n'étaient probablement que des collections d'images que l'on battait et que l'on coupait en laissant au hasard le soin de les disposer de façon à former des combinaisons instructives ou divertissantes.

Nous possédons encore quelques cartes du temps de Charles VI et de Charles VII.

(1) Ne trouverait-on pas là l'explication de l'épithète de *grecs* qui désigne les joueurs de profession?

Elles ne furent pas longtemps en France avant de se transformer en cartes numérales propres à remplacer les dés et autres jeux de hasard, car une ordonnance rendue en 1397 par le prévôt de Paris les défend dans les cabarets, comme les dés, la paume, les boules et les quilles.

C'est à Étienne Vignoles, dit Lahire, qu'on attribue généralement l'invention des cartes numérales; ce qui est certain, c'est qu'elles n'existaient pas encore en 1422, date de la mort de Charles VI, et qu'il y en avait en 1430 puisque c'est à cette époque que remontent les cartes, dites de Charles VII, conservées à la Bibliothèque nationale.

Elles étaient déjà *aux couleurs françaises*, c'est-à-dire portant des cœurs, des carreaux, des piques et des trèfles ; elles étaient divisées en quatre compagnies de huit soldats numérotés de 2 à 9 et ayant à leur tête un roi, une reine, un écuyer, un valet et une enseigne. L'enseigne était représentée par l'as, c'est ce qui fait que dans certains jeux l'as est la plus haute carte et prime même le roi. La liste des figures n'était pas tout à fait la même que de nos jours et elle a plusieurs fois varié : ainsi dans quelques-unes, le roi de carreau est *Coursube;* le roi de pique, Apollin, idole adorée par les Sarrazins suivant les légendes du temps des Croisades ; le valet de trèfle est Roland, l'un des preux et neveux de Charlemagne. Les devises morales ou satiriques, les attributs que tiennent les personnages sont également très-variés, mais les couronnes portent toutes des fleurs de lis, et les costumes sont ceux du règne de Charles VII.

Les dernières modifications apportées aux cartes, par exemple la liste définitive des personnages et le remplacement de l'écuyer par le dix, remontent, à ce que l'on suppose, au seizième siècle.

Le jeu de cartes fut primitivement, dit-on, l'image de la guerre ; les piques et les carreaux (flèches) représentaient les armes de ce nom dont un roi sage doit garnir ses arsenaux, les trèfles figuraient les fourrages et les vivres dont il doit remplir les magasins et les greniers de son royaume, les cœurs étaient le symbole de la bravoure et les enseignes des anciens jeux avaient pris le nom d'as, d'une monnaie romaine, et étaient devenues l'image des finances si nécessaires à la guerre.

Quant aux figures, les rois étaient Alexandre, César, Charlemagne, les trois grands conquérants, et le roi de France, Charles VII, représenté par David affligé de la révolte de son fils Absalon, comme Charles par le dauphin Louis, depuis Louis XI.

Les reines étaient Marie d'Anjou, femme de Charles, sous le nom d'Argine, anagramme de *regina;* Pallas représentait Jeanne d'Arc ; Rachel, Agnès Sorel, et Judith, Isabeau de Bavière ; cette dernière personnification ne peut guère être justifiée, du reste, que par la plus basse flatterie, la reine Isabeau ayant fait plus pour la perte que pour le salut de la France.

Les valets étaient Ogier et Lancelot, deux des douze preux de Charlemagne, Étienne Vignoles dit Lahire et Hector de Galand ou de Gallard, tous deux amis de Charles VII et capitaines de ses armées.

Cette liste subit à l'époque de la Révolution une modification passagère qui tomba avec le régime qui l'avait proposée. Les rois étaient remplacés par quatre figures assises, entourées d'attributs, et représentant le génie de la guerre, le génie du commerce, le génie de la paix et le génie des arts. Les dames, debout et coiffées à l'antique, étaient la liberté des cultes, la liberté de profession, la liberté de mariage et la liberté de la presse. A la place des valets, quatre personnages assis, les uns en costume civil, les autres en costume militaire figuraient l'égalité de rang, l'égalité de couleur, l'égalité des droits et l'égalité des devoirs. La perturbation apportée par ce changement dans le vocabulaire des joueurs fut la cause principale de l'abandon des cartes révolutionnaires.

Oubliant peu à peu l'origine guerrière et symbolique des cartes, on s'évertua à en former des combinaisons numériques plus ou moins ingénieuses et propres à charmer la passion des joueurs pour les jeux de hasard. On connaissait déjà, au temps de Rabelais, 216 jeux de cartes; le plus ancien semble être le piquet appelé d'abord le cent; le lansquenet fut imaginé en Allemagne; l'hombre, en Espagne ; le boston et le whist, d'origine toute moderne, viennent l'un d'Amérique et l'autre d'Angleterre. C'est en Italie que sont nés le hocca, le pharaon et le baccara, lesquels, sous trois noms différents, ne sont qu'un seul et même jeu de hasard.

Nous avons vu les cartes prohibées pour ainsi dire dès leur apparition en France par une ordonnance datée de 1397; à partir du règne de Henri III, nous allons les voir faire l'objet d'édits, d'ordonnances, de lois et devenir l'objet d'une taxe productive.

A la date du 22 mai 1583 le roi Henri III rendait une ordonnance dont voici le préambule : « Chacun voit par expérience que les jeux de cartes, tarots et dez, au lieu de servir de plaisir et de récréation, selon l'intention de ceux qui les ont inventés, ne servent à présent que de dommage notoire et scandale public estans jeux de hasard, subjets à toute espèce de piperie, fraudes et déceptions, apportants grande despence, querelles, blasphèmes, meurtres, desbauches, ruynes et perdition de famille et de ceux qui en font profession ordinaire, même de la jeunesse qui y consomme tous les moyens et biens, de la perte desquels s'ensuit une mauvaise et scandaleuse vie, au grand préjudice du public, ce qui procède de ce qu'aucuns tiennent banque et maison ouverte à tels jeux, pour tirer commodité desdites piperies à tous jours et à toutes heures singulièrement es festes et dimanches, au lieu de vacquer au service de Dieu. »

Contre un tel débordement que pouvait une ordonnance, si énergique et attristée qu'elle fût? Rien — et le roi voyant qu'il ne pouvait rien empêcher pensa à tirer sa part de profit du scandale; une nouvelle ordonnance frappa chaque paire de jeux d'une taxe d'un sou parisis.

Cette ordonnance fut abolie par celle du 21 février 1581 qui établit un droit pour l'exportation.

Le 14 janvier 1605, une déclaration royale fixa le nombre de villes ayant droit de fabriquer les cartes à jouer. Des règlements de fabrication furent donnés en 1661 et en 1776. En octobre 1801, on mit sur les cartes un nouvel impôt aboli par la loi du 2 mars 1791, puis rétabli et modifié par celles du 30 septembre 1797, des 22 janvier, 8 mai et 3 novembre 1793, du 30 juillet 1804, du 22 mars 1805, par le décret du 9 février 1810, la loi du 28 avril 1816 et l'ordonnance du 18 juin 1817. — Il n'est pas un jeu qui ait autant occupé les législateurs.

Depuis l'ordonnance du 4 juillet 1821, l'impôt est perçu au moyen d'un timbre, il est de 25 centimes pour les cartes à portraits français et de 40 centimes pour les cartes à portraits étrangers ou de dimensions inusitées en France; d'autres dispositions particulières régissent encore l'exportation.

Il faut une permission soit pour vendre, soit pour fabriquer les cartes à jouer; les fabriques doivent être situées dans un chef-lieu de contributions directes, c'est-à-dire dans un chef lieu d'arrondissement.

Le cartier ne peut employer que du papier fourni par la régie et doit justifier de l'emploi de ce papier; tous les jeux sont vérifiés par les agents du fisc qui les entourent d'une bande de contrôle à timbre sec; c'est seulement alors qu'ils peuvent être livrés à la consommation.

Procédé de fabrication. — Les cartes sont formées d'un carton, de la fabrication duquel nous nous occuperons d'abord.

Ce carton est formé de trois sortes de papier : 1° le *papier-trace* ou *main-*

brune, dont la pâte est grise et qui ôte au carton sa transparence; 2° le *papier cartier* qui forme le revers de la carte, il peut être blanc ou d'une couleur quelconque bien uniforme ou encore *taroté*, c'est-à-dire moucheté de dessins; mais il ne doit porter ni filigrane, ni aucun indice propre à faire reconnaître les cartes à l'inspection de leur revers; 3° le *papier au pot*, c'est sur ce dernier que les figures sont imprimées et enluminées. Il doit être très-blanc et peu collé; il est fourni au cartier par la Régie des contributions directes, et les feuilles de ces trois sortes de papier ont 38 cent. de long sur 31 cent. de large, dimensions suffisantes pour imprimer vingt cartes ordinaires à la feuille. Le filigrane du papier pot porte vingt dessins correspondant chacun à une carte et qui ont tantôt des fleurs de lis, des aigles ou tout autre ornement particulier, suivant la décision du gouvernement.

Pour fabriquer le carton, on procède d'abord au mélange des trois sortes de papier dont nous venons de parler; pour cela, on dispose les feuilles en tas de telle sorte qu'en les prenant l'une après l'autre, elles se trouvent disposées dans l'ordre qu'elles doivent occuper et que les feuilles qui doivent former la division du carton ne soient point collées ensemble et puissent être facilement séparées.

Supposons que l'on veuille faire cinquante cartons, l'ouvrier devra faire un tas de cinquante feuilles de papier au pot, un autre de cent feuilles de main-brune et un dernier de cinquante feuilles de papier cartier. Au-devant de ces trois piles, il place une planche bien plane et bien propre dont les dimensions excèdent un peu celles du papier, il pose sur cette planche une feuille de papier au pot, deux de main-brune, une de papier cartier, il continue de la sorte jusqu'à ce qu'il ait épuisé les trois tas de papier et doit terminer, comme il a commencé, par une feuille de papier au pot.

L'opération du mêlage est alors terminée et l'on passe au collage.

Le colleur place devant lui une planche de chêne, parfaitement unie, pareille à celle qui est sous le tas de papier, il y étend une feuille blanche de mauvais papier après avoir légèrement humecté la planche en crachant dessus pour que le papier y adhère. Sur cette feuille, destinée simplement à préserver le carton de taches et de maculatures, il étend bien la première feuille du tas qui, ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure, est une feuille de papier au pot, et l'enduit de colle, en plein, à la brosse; sur cette première feuille, il en pose une de main-brune qu'il colle de même, puis une encore de main-brune, et après l'avoir couverte soigneusement de colle, il y étend deux feuilles de papier cartier. On voit qu'entre ces deux dernières, il n'y a pas de colle, de sorte que l'une termine la première feuille de carton, et que l'autre commence la deuxième. Lorsque l'ouvrier a épuisé, en procédant toujours de la même façon, le tas de papier préparé par le mêleur, il couvre la pile de carton qu'il vient de préparer d'une feuille de mauvais papier blanc, pose dessus une planche pareille à celle qui est dessous, et met sur cette planche un poids de cinquante livres qu'on y laisse environ une heure, afin que la colle ait le temps de se ressuyer un peu. On met ensuite le carton en presse en serrant modérément et en augmentant le serrage d'un quart de tour toutes les demi-heure, jusqu'à ce qu'on ne puisse plus faire mouvoir la presse, et on le laisse ainsi au moins douze heures.

Au bout de ce temps, on desserre la presse, on retire le tas et on le torche, c'est-à-dire qu'on en frotte les bords avec une brosse très-douce trempée dans l'eau froide. Cette opération a pour but de délayer les bavures de colle produites par la pression et de les rendre assez peu adhérentes, pour qu'on puisse séparer facilement les feuilles de carton les unes des autres. Ces feuilles appelées *étresses* sont ensuite accrochées à un fil de laiton replié en forme d'S et suspendues à des ficelles afin qu'elles puissent sécher. Comme elles se gondolent toujours plus ou moins en séchant, on les comprime encore fortement sous la presse

avant de les livrer au commerce. La pression, bien qu'assez forte pour obtenir une parfaite adhérence des feuilles de papier qui composent le carton, doit être cependant étudiée de façon à ne pas écraser le grain du papier, ce qui en rendrait l'impression et l'enluminage difficiles et imparfaits. Comme cette pression ne serait pas suffisante pour effacer les pliures du papier, les papeteries sont tenues de le fournir tout ouvert et sans plis.

Les cartes portent différentes figures, dont les unes sont appelées *têtes* et les autres *points ;* les têtes sont les rois, les dames et les valets ; les points vont de *un* appelé *as* jusqu'à dix inclusivement.

Les cœurs et les carreaux sont imprimés en rouge, les trèfles et les piques, en noir.

Impression. — Ce sont généralement des planches en bois qui servent à l'impression des cartes; chaque cartier a les siennes et les dépose dans les bureaux de la Régie. C'est là que les ouvriers vont imprimer les têtes et les as de trèfle, sur du papier fourni par la Régie, qui leur remet, en outre, pour les points, la quantité de papier nécessaire pour le nombre de têtes qu'ils ont à imprimer.

Il faut deux planches pour imprimer les têtes ; la première de ces planches porte deux fois les quatre rois et les quatre dames, plus deux valets de trèfle et deux valets de pique ; la seconde contient dix valets de cœur et dix valets de carreau. Cette distribution est basée sur ceci, que les figures du premier moule sont enluminées de cinq couleurs, tandis que celles du second n'en comportent que quatre, puisqu'elles n'ont pas de noir. Pour avoir dix jeux complets, on imprime deux feuilles de la planche de rois contre une de valets rouges.

Enluminure. — Ce sont des couleurs en détrempe qui servent à enluminer les cartes, elles sont au nombre de cinq : le jaune, le rouge, le bleu, le gris et le noir, on les applique à l'aide de *patrons* découpés que les cartiers font eux-mêmes. On fait ces patrons avec des *imprimures*, c'est-à-dire des feuilles de papier enduites de plusieurs couches de peinture à l'huile de chaque côté ; autant de couleurs différentes à appliquer, autant de patrons, soit cinq pour la feuille de rois, quatre pour la feuille de valet.

Le cartier place sur une imprimure une feuille de cartes enluminées, il les fixe l'une à l'autre ; puis avec la pointe d'un petit couteau, il découpe toutes les pièces d'une même couleur ; cela fait, il met une seconde imprimure sur la feuille déjà découpée et découpe une autre couleur, continuant de même jusqu'à ce qu'il ait le nombre voulu de patrons.

Les patrons de points sont faits à l'emporte-pièce sur des imprimures.

Lorsque les patrons sont ainsi préparés, le cartier pose successivement chacun d'eux sur les figures en ayant soin que les bords de l'ouverture concordent bien avec les traits qui servent de limite à la couleur et qu'il n'y ait pas de *fenêtres*, c'est-à-dire de blanc entre les couleurs. Il prend alors de la couleur avec un pinceau appelé *goupillon*, il étend la couleur sur une planche désignée sous le nom de *platine* et passe à plusieurs reprises sur la couleur ainsi étendue, une brosse à poils courts et serrés qui ne s'imprègne de couleur qu'à la surface. L'ouvrier passe la brosse chargée de couleur sur le patron, en veillant à ce que la couleur pénètre dans tous les détails de la découpure, il enlève le patron avec soin, afin qu'il ne se forme pas de bavochures, et pose la feuille enluminée à sa gauche afin qu'elle sèche pendant qu'il en peint une autre. Lorsque le tas de cartons doubles est enluminé sur une face, l'ouvrier les reprend afin d'enluminer l'autre face.

Lorsque l'enluminure est terminée, on lisse les cartons avec un outil appelé *issoir,* puis on les met sous la presse afin de les dresser et il ne reste plus qu'à

couper les cartes, à les assortir, à les trier et à les envelopper par jeux et par sixains pour pouvoir les livrer au commerce. Nous allons dire quelques mots de la manière de couper les cartes.

Sur un établi solide et bien plan est placée verticalement une planche que l'on appelle *étau*. Parallèlement à cette planche et à la distance de la longueur d'une carte est le *grand ciseau* composé d'une lame fixée inébranlablement à l'établi et d'une autre lame qui se meut sur la première à laquelle elle s'ajuste au moyen d'une vis à écrou. A l'autre bout de l'établi se trouve le *petit ciseau* distant de l'étau de la largeur d'une carte.

Le cartier ébarbe d'abord le carton, sur le trait du moule avec le grand ciseau, puis appuyant le côté coupé sur l'étau, il coupe avec le même ciseau une bande qui donne la hauteur de la carte, il repousse la feuille jusqu'à ce que le bord vienne encore s'appuyer sur l'étau, recoupe une nouvelle bande, puis recommence une troisième fois l'opération, de sorte que la feuille se trouve divisée en quatre bandes égales de chacune six cartes. L'ouvrier reporte alors ces bandes au petit ciseau et sépare les cartes une à une en s'y prenant comme nous venons de le dire précédemment.

M. Dickinson est l'inventeur d'une machine à découper les cartes dont nous allons donner la description, d'après le *Dict. des arts et manufactures* (1).

« Elle se compose d'une série de cisailles circulaires montées sur les axes en fer mobile sur lesquels elles sont assujetties au moyen de manchons en bois. Ces cisailles sont mues par l'intermédiaire d'une courroie sans fin, qui passe sur la gorge d'une poulie fixée à l'une des extrémités d'un arbre coudé dont le mouvement est régularisé par un volant. Afin d'obtenir un découpage bien net, les disques tranchants, montés sur un axe inférieur, sont disposés deux par deux, de telle sorte qu'il y ait entre les deux disques d'un même couple un fort ressort spiral en acier, qui les presse continuellement contre les disques correspondants montés sur l'axe. Les rondelles et les taillants, outre l'ouverture centrale, sont percés de six trous équidistants que traversent de longs boulons destinés à les recevoir. Enfin, après le découpage des cartes, il ne reste plus qu'à les trier, les assortir, éliminer celles qui sont défectueuses, et les mettre en paquets de 52 cartes pour le jeu entier, de 42 cartes pour le jeu d'ombre, et de 32 cartes pour le jeu de piquet. »

Les cartes à portraits étrangers que l'on fabrique le plus ordinairement en France sont les cartes anglaises qui sont aux mêmes couleurs et diffèrent peu des nôtres, et les cartes espagnoles dont les couleurs : *oro*, *copas*, *bastos* et *spadas* diffèrent entièrement des nôtres et dans lesquelles le valet est remplacé par un écuyer à cheval.

On fait également des cartes de fantaisie et des cartes alphabets pour les enfants; mais de quelques dessins qu'elles soient ornées, la fabrication est toujours la même.

Automates. — Dès la plus haute antiquité, le génie des mécaniciens s'exerça à reproduire les mouvements et l'apparence des êtres vivants.

Avec un peu d'imagination, on pourrait voir dans la Pandore de Prométhée et dans la Galathée de Pygmalion deux admirables *androïdes* (2). Sans entrer à ce sujet dans une dissertation plus curieuse que scientifique, nous rapporterons ce que dit Aulu-Gelle au chapitre 24 livre X des *Noctes Atticæ,* sur le pigeon construit par Archytas qui vivait à Tarente 400 ans avant notre ère : « Plusieurs écrivains grecs et entre autre le savant Favorinus assurent qu'Achytas avait fait

(1) 4 vol. grand in-8 jésus, avec nombreuses figures. — Prix 84 francs.

(2) On appelle ainsi, de ανδρος homme, les automates qui reproduisent l'être humain.

un pigeon de bois qui pouvait voler par le moyen d'une puissance mécanique; ainsi il se soutenait en contre-balançant la force qui tendait à le faire tomber et était animée par une puissance occulte qui y était enfermée..... Si ce pigeon venait à tomber, il ne pouvait se relever de lui-même. »

L'histoire du moyen âge cite plusieurs chefs-d'œuvre de ce genre, si l'on en croit le P. Kircher, Porta, Gassendi, Lana et Wilkins, Regiomontanus autrement dit Jean Muller aurait construit un aigle volant et une mouche en fer qui volait par la chambre dès qu'il la lâchait et revenait ensuite dans sa main.

Le célèbre Albert-le-Grand qui vivait au XIIIe siècle avait construit un automate qui, lorsqu'on frappait à la porte de la cellule du savant, allait ouvrir, saluait et proférait quelques sons comme pour accueillir les visiteurs. Cet automate ne dut pas peu contribuer à la réputation de sorcellerie que se fit Albert-le-Grand.

Le P. Schott dit dans l'ouvrage intitulé : *Technica curiosa seu mirabilia artis*, que le père Kircher gardait dans son muséum un automate qui faisait entendre quelques sons, sans doute à la manière de nos bébés parlants.

Les descriptions de ces automates sont si incomplètes et laissent une si grande place au merveilleux qu'il nous est impossible de rien conclure, ni sur leur mécanisme, ni sur la perfection de leur construction, et si extraordinaires qu'ils pussent être, nous pouvons affirmer que rien, ni dans l'antiquité, ni dans les temps modernes, n'a pu surpasser les travaux du célèbre Vaucanson.

Cet habile mécanicien était non-seulement parvenu à imiter les mouvements des animaux, il reproduisait encore certaines fonctions vitales.

Il n'est personne qui n'ait entendu parler du canard artificiel construit par Vaucanson. Ce canard barbottait dans l'eau, remuait les ailes, se dressait sur ses pattes, tournait la tête à droite et à gauche, allongeait le cou pour prendre le grain qu'il avalait, digérait et évacuait par les voies ordinaires. C'est-à-dire que les aliments introduits jusque dans l'estomac à l'aide de mouvements du gosier, y subissaient une opération qui en changeait la forme et l'aspect, après quoi un système de tubes les conduisaient jusqu'à l'anus où un sphincter en facilitait l'expulsion. Les ailes avaient été copiées sur celles d'un animal vivant, elles en reproduisaient avec la fidélité la plus scrupuleuse, la forme, l'ossature et les articulations.

Le joueur de flûte du même mécanicien est tout aussi célèbre que le canard. Il représentait un faune jouant de la flûte traversière et reproduisait la belle statue de Coisevox que tout le monde connaît. Il exécutait douze airs différents, les lèvres et les doigts avaient les mouvements nécessaires pour modifier les sons et régler la vitesse du vent qui entre dans la flûte, une soupape faisait les fonctions de la langue.

Ce flûteur n'avait de rival que le joueur de tambourin dû également à Vaucauson. Ce dernier tenait d'une main un flageolet sur lequel il jouait une vingtaine de contredanses, et de l'autre une baguette avec laquelle il frappait des coups simples ou doubles, des roulements variés dont il accompagnait en cadense ses airs de flageolet.

On a depuis fréquemment reproduit ces deux automates, mais le canard n'a jamais été exactement reconstruit; nous avons bien la poule qui fait le mouvement de ramasser le grain, celle qui caquette et qui pond, le coq qui chante, le paon qui fait la roue, tous ayant pour principes comme les automates de Vaucauson, des excentriques bien tracés, des cylindres à cames et des touches; mais ce ne sont plus là que des jouets mécaniques, plus ou moins ingénieux, plus ou moins intéressants et non des pièces de mécanique si parfaites qu'on a peine à comprendre qu'on les ait laissées détruire par le temps.

Rivarol, dans les notes de son *discours sur l'universalité de la langue française*. dit qu'un abbé *Mical* avait construit deux têtes d'airain de proportions

colossales, lesquelles prononçaient nettement des phrases entières. L'abbé proposa ces têtes au gouvernement qui refusa d'en faire l'acquisition; accablé de dettes, poursuivi par ses créanciers, l'infortuné mécanicien brisa son œuvre dans un moment de désespoir. Cet abbé Mical mourut dans l'indigence en 1786.

En 1760, Frédéric de Knaus construisit un automate écrivain conservé encore aujourd'hui au cabinet polytechnique de Vienne, et au commencement de ce siècle, le dessinateur et le pianiste des frères Droz furent assez célèbres, et nous nous rappelons avoir entendu, dans notre enfance, un virtuose de ce genre qui exécutait plusieurs morceaux sur le piano avec autant de brio que de précision. Cependant on ne cite guère de nos jours que le trompette de Maetzel à Vienne et celui de Kauffmann à Dresde.

En général, l'agent principal du mouvement des automates consiste en un ressort d'acier; on a quelquefois employé des poids, comme pour le bouffon de l'horloge de Heidelberg qui frappait les curieux au visage avec une queue de renard, ou même du sable tombant sur la circonférence d'une roue dentée.

Nous allons passer en revue ici les différents mécanismes des principaux automates, afin de n'avoir pas à revenir sur leur principe au cour de notre visite à l'Exposition, mais à n'avoir qu'à enregistrer les applications nouvelles et les progrès apportés dans l'industrie du jouet automatique encore à la mode de nos jours.

1° *Automates dont quelques-uns des membres se meuvent par l'action d'une force cachée intérieurement.* — Le moteur résulte communément de la force élastique d'une lame spirale renfermée dans un barillet. L'extrémité intérieure de la lame est fixée à l'axe du barillet et l'autre extrémité à un point de sa circonférence. L'axe peut tourner indépendamment du barillet, mais seulement dans le sens opposé à la rotation ordinaire de celui-ci. Une roue à rochet lui interdit le mouvement opposé. Si donc on fait tourner l'axe, à l'aide d'une clef, sans que le barillet se meuve, les circonvolutions de la lame spirale se resserreront de telle sorte que, quand la clef aura cessé d'agir, la lame fera effort pour reprendre son premier état; il est évident que cette réaction ne peut alors s'effectuer sans que le barillet tourne dans l'autre direction et sans qu'il entraîne dans son mouvement tous les mobiles qui lui seront opposés et qui ne seront pas assez vigoureux pour l'arrêter. Tel est le moteur qui met en mouvement les horloges à pendules qui décorent les appartements. Ce même moteur est le plus appliqué au jeu des automates.

La transmission du mouvement aux diverses parties mobiles de l'automate se fait, ou à l'aide de *cames* (petites parties saillantes qui s'élèvent au-dessus de la surface convexe d'un cylindre) adaptées à un cylindre tournant, ou à l'aide de chevilles fixées sur le plan d'une roue, à des distances déterminées. Chacune de ces cames ou de ces chevilles rencontre successivement l'extrémité d'un levier, lequel pousse immédiatement une des parties mobiles, si elle est à sa portée; et alors, on donne à ce levier une courbure convenable pour que son action puisse s'exercer avec facilité et sans empêchement.

Il faut que la partie de l'automate que le levier a mise en mouvement reprenne sa première position dès que le levier a cessé d'agir; pour atteindre ce résultat, on se sert d'un ressort ou d'un poids réacteur dont l'action s'exerce en sens contraire de celle du levier.

Souvent une partie mobile est ou trop éloignée du levier, ou placée de manière qu'il ne puisse l'atteindre. Dans ce cas, un fil sert d'intermédiaire entre l'un et l'autre, et de petites poulies de renvoi peuvent aisément replier le fil en divers sens. Quelquefois l'action d'un levier suffit pour faire agir plusieurs parties à la fois.

La figure 1, en indique un exemple fort simple; *aa* représente un automate

qui doit tout à la fois incliner le corps, baisser la tête et élever le bras par un mécanisme placé dans l'intérieur du siége sur lequel la figure est assise. La roue *bb* (que l'on suppose mue par un engrenage qui communique avec le barillet moteur) porte une cheville saillante *x* qui en poussant le levier *cc* fait incliner le corps *A* de l'automate.

Voyons maintenant comment cette inclinaison produit les deux autres effets, c'est-à-dire comment elle baisse en même temps la tête et élève le bras de l'automate.

Un fil 1, 2, 3 est attaché au point 1 de la tête, passe sur la poulie 2 et aboutit au point 3 où il est fixé ; par cette disposition la poulie 2 sert de centre de rotation au fil tandis que le corps *A* de l'automate s'incline ; mais comme la distance entre la poulie 2 et le point 1 est plus grande que celle qui existe entre

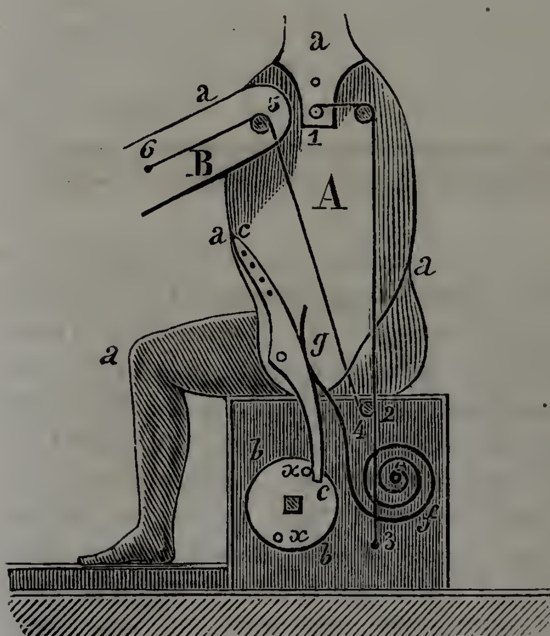


Fig. 1. — Automate inclinant le corps, baissant la tête et élevant le bras.

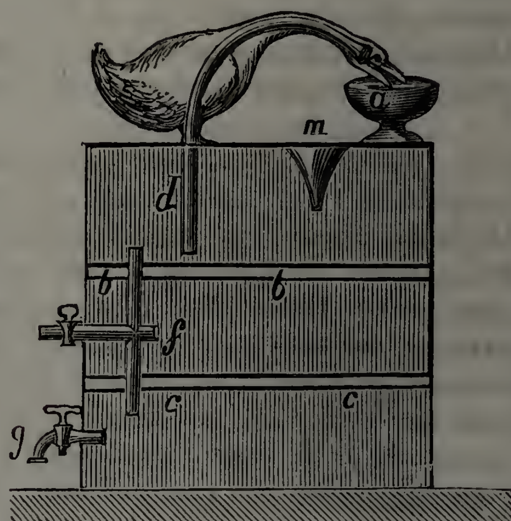


Fig. 2.
Canard artificiel.

le centre de rotation *y* du corps *A* et le même point 1, il en résulte que, par la différence des arcs qui correspondent à ces deux distances, le fil exercera une traction sur le point 1 et fera baisser la tête tandis que le corps s'inclinera.

Le second fil 4, 5, 6 qui est attaché aux points 4, 6, et passe sur la poulie 5, doit évidemment soulever le bras *B* quand le corps *A* s'incline. Des ressorts *e*, *f*, *g* remettent les parties mobiles à leur première situation, aussitôt que la cheville *x* a abandonné le levier *cc*.

2° *Automates qui imitent les fonctions vitales internes.* — Les fonctions vitales que la mécanique peut imiter sont la respiration et les facultés digestives. La respiration est facile à imiter par le jeu d'un soufflet caché dans l'intérieur de l'automate et mû par un ressort. Si l'on met une pipe à la bouche de l'automate, ce mécanisme produira l'effet d'un homme qui fume. La fumée de la pipe sortira alternativement à des intervalles déterminés. Si l'on approche une chandelle allumée de la bouche de l'automate, il l'éteindra.

L'imitation des facultés digestives offre plus de difficultés; ces facultés sont de deux sortes : la première est celle d'avaler les aliments; la seconde celle de les digérer.

Nous parlerons de la première, comme étant la principale, et la seconde ne

différant au fond de celle-ci que pour la combinaison chimique qui change les objets absorbés avant leur expulsion (1).

La figure 2 représente un canard artificiel disposé de manière à lui faire avaler de l'eau ou d'autres substances liquides placées dans le vase *a*. L'intérieur du piédestal forme une caisse hermétiquement fermée et doublée de plomb. Cette caisse est divisée en 3 cellules par les diaphragmes *b b* et *cc*. Un tuyau *d* part du diaphragme *bb* et aboutit dans l'intérieur de l'oiseau, qui est vide ; un second tuyau *f*, muni d'un robinet, établit la communication entre la cellule supérieure et la cellule la plus basse, à laquelle est adapté un autre tuyau *g*, garni de son robinet. Un entonnoir *m* sert à introduire de l'eau dans les cellules.

Veut-on mettre en action cet automate? On remplit le vase *a* et on verse de l'eau dans l'entonnoir *m* pour remplir la cellule d'en haut; puis on bouche l'entonnoir, on introduit la tête de l'animal dans le vase *a*, et on tourne les robinets des tuyaux *f* et *g*. Alors l'eau s'écoule dans la cellule inférieure et sort par le tuyau *g*. Un vide se forme dans la cellule d'en haut et se propage dans le corps de l'oiseau, qui doit nécessairement absorber le liquide du vase *a* à cause de la pression que l'air atmosphérique exerce sur la surface de ce liquide.

Il va sans dire que l'introduction de la tête de l'animal dans le vase *a* se fait au moyen d'un mécanisme analogue à celui que nous avons décrit dans la figure précédente.

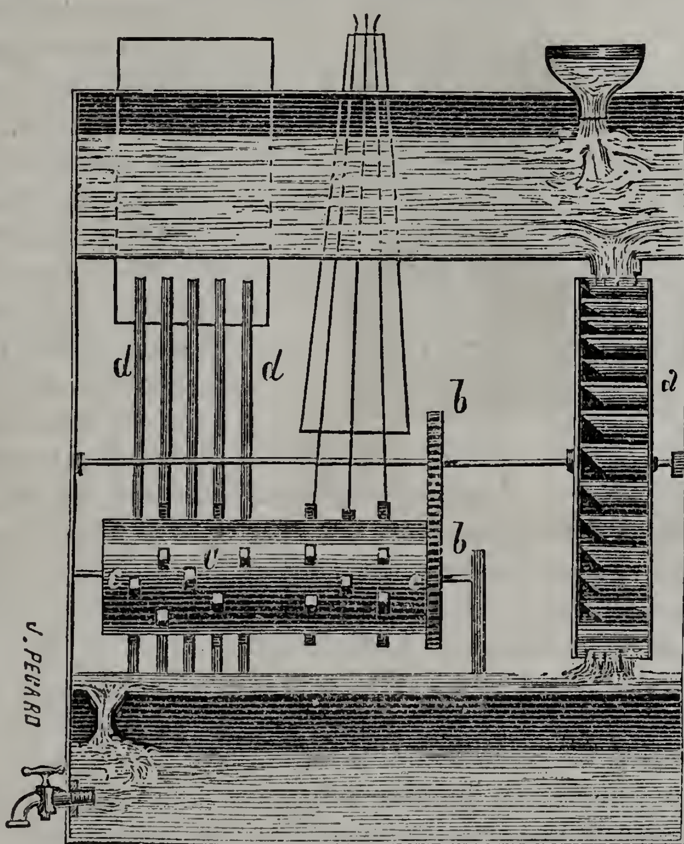


Fig. 3. — Machine destinée à faire agir un oiseau automate d'une certaine dimension.

3° *Automates chanteurs et instrumentistes, imitation du chant des oiseaux et musique mécanique.* — En général, le mécanisme de tous les automates exécutant de la musique est disposé à peu près de la même manière. C'est presque toujours un cylindre noté, c'est-à-dire un cylindre dont la surface convexe est garnie de petites cames ou pointes saillantes qui agissent sur des claviers analogues à ceux des orgues d'église ou des pianos. Les boîtes à musique en sont un exemple.

Lorsque l'instrument que joue l'automate est à vent, ou bien lorsqu'il s'agit d'un chant d'oiseau, etc., plusieurs soufflets fournissent à l'appareil producteur du son, l'air qui lui est nécessaire, de manière à ce que chaque son ait la nuance et la force qui lui convient.

La machine dont la figure 3 représente l'élévation, est destinée à faire agir un oiseau automate d'une certaine dimension.

Le mécanisme est animé par un petit courant d'eau qui agit sur la roue hydraulique *a*, laquelle à l'aide de l'engrenage *bb* fait tourner le cylindre *cc*

(1) Aujourd'hui on n'imite plus à proprement parler la digestion; l'automate avale une chose et en rejette une autre.

dont la surface est hérissée de cames qui agissent tour à tour sur une espèce de clavier; une partie des touches correspond aux tuyaux *dd*, auxquels des soufflets mus par la même roue motrice *a* donnent le vent nécessaire. (Ces soufflets ne sont point indiqués dans la figure). Les autres touches font mouvoir les fils métalliques *ff* qui agissent sur les membres mobiles de l'automate.

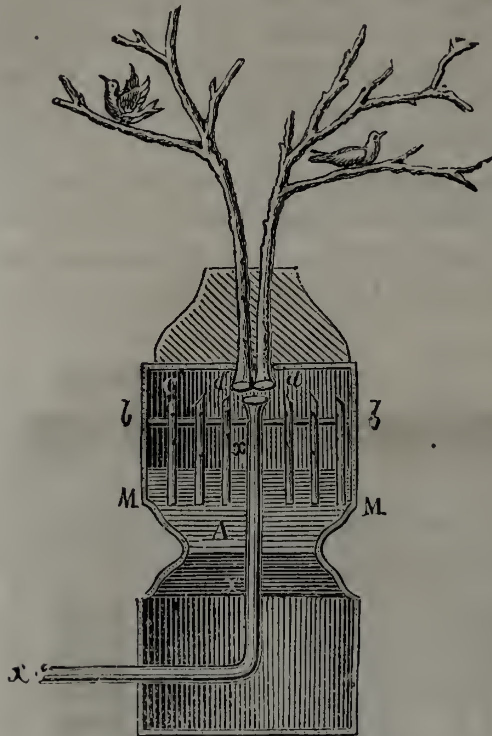


Fig. 4. — Oiseaux chantants.

On parvient à imiter assez exactement le chant de plusieurs espèces d'oiseaux en soufflant dans un petit sifflet dont le bout trempe dans l'eau. Ainsi, si l'on a un vase MM (fig. 4), qui contienne des sifflets *b b*, et si ces sifflets sont placés de manière que leur extrémité inférieure entre dans la cellule A pleine d'eau et leur embouchure dans la cellule C où aboutit un tube *x.x.x*, il suffira qu'une personne souffle dans ce tube pour imiter le chant de divers oiseaux. Cette imitation sera bien plus récréative si on ajoute le mécanisme suivant. Deux tuyaux *dd* partiront de la cellule C, traverseront la cellule D et se termineront en plusieurs branches creuses sur lesquelles seront placés de petits oiseaux, creux dans l'intérieur et dont les ailes et le bec mobiles porteront intérieurement de petites palettes qui, agitées par le vent, donneront à ces parties de petits mouvements qui imiteront assez bien ceux des ailes et du bec des oiseaux vivants. Il résulte de cette disposition que lorsque l'on soufflera dans le tube *x.x.x*, le vent qui fera raisonner les petits sifflets *b b* emboucheera les tuyaux *dd* pour aller agiter les petites palettes contenues dans le corps de chaque oiseau.

Nous verrons tout à l'heure, dans notre visite à l'Exposition, les perfectionnements incroyables que M. Bontemps a apportés à ce dernier genre d'automate. Cet habile mécanicien est parvenu, et cela sans avoir recours à l'eau, au souffle de l'homme ou à des cylindres à cames, à imiter le chant de la plupart de nos oiseaux et en particulier celui du rossignol, qui produit une illusion parfaite même pour les oreilles les plus exercées.

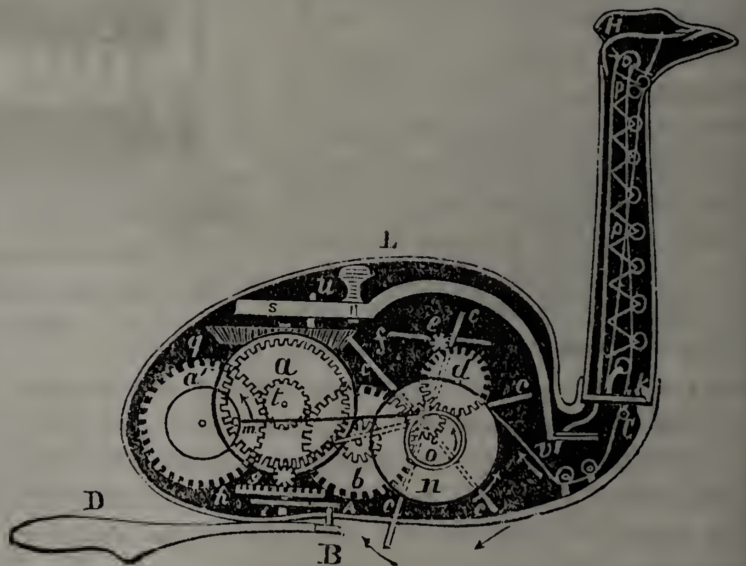


Fig. 5. — Cygne mécanique.

L'industrie des jouets automatiques est très-répandue à Nuremberg et dans la Forêt-Noire. Elle produit principalement des oiseaux aquatiques, cignes, oies, canards qui nagent, battent des ailes, remuent leur cou de diverses manières, et de petites voitures attelées de chevaux qui marchent en piaffant et en faisant des courbettes, tandis que les personnages placés dans la voiture saluent ou fouettent le cheval. Nous allons donner ici une description succincte de ces deux jolis jouets.

La fig. 5 représente le mécanisme d'un cygne. Le barillet du ressort extérieur a une roue à rochet ordinaire, il porte une roue d'engrenage *a* qui engrène avec le pignon de la roue *b*, laquelle engrène à son tour avec un pignon représenté en ponctué, et dont l'axe porte à ses extrémités deux roues à palettes *cc*. Ces palettes plongent dans l'eau d'une quantité suffisante pour qu'en tournant suivant le sens indiqué par les flèches, elles puissent faire avancer l'oiseau.

Le pignon, dont l'axe porte les roues à palettes, engrène en outre avec la roue *d* qui engrène elle-même avec le pignon *e*, dont l'axe porte un volant destiné à régulariser le mouvement que l'on peut suspendre à volonté au moyen d'un arrêt mobile.

Par ce mécanisme, l'oiseau n'avance qu'en ligne droite; pour produire des changements de direction, on a ajouté le levier A maintenu dans sa position par un ressort, et tournant autour d'un axe vertical qui porte une barre transversale B aux extrémités de laquelle sont fixées deux petites palettes DD'; la roue *a* engrène avec le pignon *g*, et celui-ci met en mouvement la roue de côté *h*, dont l'axe porte un excentrique *i* qui, agissant sur l'extrémité du levier A, varie sans cesse l'inclinaison des palettes DD' qui jouent le rôle de gouvernail.

Le cou est la partie à la fois importante et délicate de l'animal. Comme il doit être flexible, il est formé d'un tube spiral, en fil de fer ou de laiton recouvert d'une peau mince, d'une peau de cygne par exemple, encore garnie de ses plumes. La base du cou est formée par la plaque *k* qui est mobile autour d'un axe horizontal parallèle au plan de la figure; elle porte un ressort d'acier maintenu à sa partie inférieure par la fourchette *v* et qui traverse tout le cou.

Ce ressort très-fin, doit avoir seulement la force nécessaire pour relever la tête et imprimer au cou une légère courbure en arrière; à sa partie supérieure est fixée une corde à boyau C qui, après avoir passé sur une série de petits rouleaux en cuivre ou en acier, supportés sur les châssis *pp* fixés sur le ressort même, vient enfin s'enrouler sur la gorge de la poulie *n*. L'axe de cette poulie en porte une autre *o* sur laquelle s'enroule une chaîne légère fixée à son autre extrémité en un point proche de la circonférence du tambour *m* monté sur l'arbre d'une roue dentée *a'*, qui engrène avec le pignon *t* de la roue *a*. Lorsque cette roue en tournant fait mouvoir, dans le sens des flèches, les roues dont nous avons parlé tout à l'heure, elle tend la corde C et fait ployer le cou du cygne jusqu'à ce qu'il ait le bec dans l'eau; mais dès que le tambour a fait une demi-révolution, le ressort commence à agir, relève peu à peu le cou et ramène les poulies *n* et *o* dans leur position primitive.

La tête est jointe au cou par de petites charnières très-mobiles, un petit ressort d'acier placé à la partie supérieure du cou est relié à la plaque *k* par une corde à boyau tendu dans la position naturelle, mais qui se relâche à mesure que le cou ploie en avant, de sorte que la tête s'abaisse et que le bec peut entrer dans l'eau quand le cou est complétement ployé.

Enfin, une roue d'angle montée sur l'arbre de la roue *a* engrène avec la roue d'angle à axe vertical *q*, celle-ci porte excentriquement une tige *u* qui se meut dans une ouverture ovale ou rectangulaire pratiquée dans l'un des bras du levier *s* mobile autour du support *l*, et dont l'autre extrémité se termine par la fourchette *v* dont nous avons déjà parlé; de sorte que la rotation de la roue *a* communique au levier *s*, et par suite au ressort du cou, un mouvement oscillatoire. Le corps de l'oiseau est formé de laiton ou de cuivre en feuille très-mince, et tout le mécanisme sauf les roues à palettes *cc* est renfermé dans des chambres imperméables à l'eau afin d'être à l'abri des dégradations que pourrait lui faire subir l'humidité.

Nous ne décrirons que le cheval du second jouet dont nous avons parlé, les

personnages placés dans la voiture se mouvant absolument par le même procédé que l'automate de la fig. 1.

Une roue centrale G (fig. 6) fait tourner par l'intermédiaire des pignons *b* et *c* les roues *d* et *e* dont les axes font mouvoir les pieds de l'animal. L'axe de la roue *d* est coudé en sens diamétralement inverse au-dessus des pieds de devant, et chacun de ces coudes tourne dans une ouverture ovale *o* pratiquée dans l'extrémité d'un levier mobile autour de l'axe *p*, lequel reçoit du mécanisme ci-dessus un mouvement de rotation qu'il communique à la cuisse 3, mobile autour de l'axe 4 par le moyen d'un simple engrenage. La jambe et le sabot sont reliés l'un à l'autre ainsi qu'à la cuisse par les charnières 5 et 6; enfin, une chaîne 7, guidée par des rouleaux placés au bas de la cuisse et de la jambe, est fixée d'un côté à l'extrémité du sabot, et de l'autre à un point fixe dans l'intérieur du corps. La tension de cette chaîne est réglée par un rouleau de pression 8 fixé non loin du centre de rotation 4 et détermine la flexion des articulations de la jambe et du sabot. Les mouvements sont régularisés par une roue dentée qui est montée sur l'axe de la roue G et engrène avec la roue *f* laquelle engrène également avec le pignon du volant *g*.

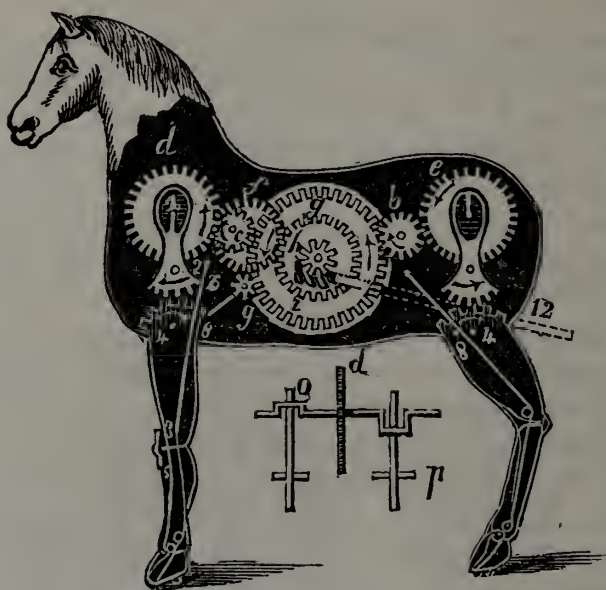


Fig. 6. — Cheval mécanique.

D'autres mécanismes impriment des mouvements divers à la tête et aux oreilles, leur analogie avec celui du cou des oiseaux nageurs est si grande que leur description pourrait passer pour une redite.

Quant au mouvement des roues du véhicule auquel est attelé le cheval, il est produit comme dans toute autre voiture par suite de la traction opérée par le mouvement en avant et le poids du cheval.

Jeux instructifs. — Les jeux instructifs les plus anciennement connus sont les *patiences géographiques*, qui consistent en des cartes collées sur un carton épais ou sur une mince planchette découpée d'une manière irrégulière. Les morceaux étant mêlés, il faut les rajuster de telle sorte que la carte se trouve entièrement reconstituée.

Les cubes géographiques ne sont qu'une variété de jeux de patience dont le mécanisme est le même que celui du précédent.

On prétend que les jeux de patience nous viennent des Chinois ; mais c'est en Europe qu'on a eu l'idée de substituer aux personnages bizarres, aux scènes grotesques ou fantastiques, d'abord des images illustrant un fait historique et ensuite des cartes.

Le *loto historique* est le second en date parmi les jeux qui nous occupent, il fut imaginé par Colard pour ses cours. Les boules au lieu de porter un chiffre portent d'un côté une date et de l'autre un nom de roi ou de fait historique, le joueur dont le carton porte la date appelée ou le nom correspondant à cette date le marque d'un jeton et gagne lorsqu'il a marqué un certain nombre de points. Ce moyen ingénieux de s'exercer à retenir les dates est très-familier aux élèves des excellents cours de M. Rémy; mais il tend cependant à tomber dans l'abandon

et à céder la place aux innovations de jour en jour plus nombreuses et plus appropriées que l'antique loto aux goûts des enfants d'aujourd'hui.

Les *dominos alphabéthiques* vinrent ensuite, puis les boîtes de lettres et de chiffres mobiles glissant dans des règles à coulisse, de manière que l'enfant pût les grouper et faire des exercices orthographiques élémentaires ainsi que des exercices de numération.

Parmi les jeux orthographiques, nous citerons comme particulièrement ingénieux l'*anagramme*, imaginé par un professeur et édité par M. Watilliaux, dont nous aurons plus d'une fois occasion de parler à propos des jeux instructifs.

L'*anagramme* se compose de 81 cartes portant chacune une lettre; ces lettres sont combinées à peu près suivant la proportion adoptée dans l'imprimerie, de sorte que certaines sont reproduites un plus grand nombre de fois que d'autres.

Il est facile à l'aide de quelques cartes, dix par exemple, de former plusieurs mots par la transposition successive des différentes lettres; c'est de cette transposition que vient le nom d'anagramme donné à ce jeu qui est plutôt un jeu de combinaison qu'un jeu de hasard. Le hasard, en effet, ne préside qu'à la distribution des lettres entre les joueurs; ceux-ci restent complétement maîtres de disposer à leur gré, d'après leur science de la langue, le lot qui leur est échu. Non-seulement on peut avec l'anagramme entretenir et perfectionner les connaissances orthographiques des enfants, mais on développe aussi leur intelligence qu'active le désir de composer plus de mots que les autres joueurs. Ce jeu devient pour eux une sorte d'enseignement mutuel par lequel ils acquièrent la connaissance d'une foule de termes scientifiques, de noms historiques ou géographiques et de locutions ignorées, d'autant mieux que la règle du jeu interdit l'emploi de tout mot dont on ne pourrait donner la signification; c'est donc une sorte d'étude du dictionnaire aussi facile qu'utile et attractive.

Les jeux géographiques actuels conçus soit d'après le loto, soit d'après le jeu d'oie laissent bien loin derrière eux les anciennes patiences; rien de plus intéressant et de plus réellement instructif que les jeux *géographique universel* ou la *Promenade en France et en Alsace-Lorraine*. Dans le premier, le voyageur marque ses étapes sur un carton analogue à ceux du loto, dans le second il passe d'un département à l'autre d'après le chiffre qu'il amène, et le premier entré à Strasbourg est proclamé vainqueur de cette lutte toute pacifique.

L'arithmétique est représentée par des cartons sur lesquels sont indiqués d'intéressants problèmes dans lesquels il s'agit de bonbons, de fleurs, de billes, et dont les chiffres mobiles peuvent être variés à volonté.

Le corollaire naturel de ce jeu de calcul est la table de Pythagore due à M. Watilliaux, l'ingénieux et intelligent éditeur, dont les créations si variées sont toutes également intéressantes au point de vue du développement intellectuel de l'enfance. Cette table de Pythagore dite : l'*arithmétique par les couleurs*, se compose d'une équerre portant sur sa branche horizontale les neuf chiffres significatifs inscrits chacun dans un carré de couleur différente. Ces neuf chiffres sont répétés sur la branche verticale dans des carrés coloriés aussi de nuances diverses, et la table est complétée par les carrés qui viennent se placer au point d'intersection des lignes horizontales avec les lignes verticales.

Supposons qu'on veuille connaître le produit de 3 par 6. On cherche sur la branche horizontale de l'équerre le chiffre 3 qui occupe par exemple un carré rouge, puis sur la branche verticale le chiffre 6 qui occupe un carré bleu, il n'y a plus qu'à trouver dans la boîte où ils sont placés à dessein en désordre le carré mi-partie bleu et rouge pour avoir le produit 18, et l'on place ce carré sur le damier dans la position qu'il doit occuper au point de rencontre de la troisième colonne verticale et de la sixième colonne horizontale.

Tous les jeux instructifs étant à peu de chose près basés sur les mêmes principes que ceux dont nous venons de parler, nous ne nous étendrons pas davantage sur ce sujet.

Jouets scientifiques. — Si l'on comprenait sous cette appellation tous les jouets dont le principe est l'application d'une science quelconque, il faudrait comprendre dans la nomenclature la plupart des jouets même les plus usités, ceux auxquels un emploi journalier enlève tout prestige scientifique.

Qu'est-ce en effet que ces ballons rebondissants qui font la joie des écoliers, sinon une application de l'élasticité de l'air? Au moment où le ballon frappe le sol ou un mur, l'air qu'il renferme, comprimé violemment par le choc, perd de son volume; mais en vertu de son élasticité, dès que la pression accidentelle produite par le choc vient à cesser, il réagit, se détend comme un ressort et fait rebondir le ballon. Dans la balle de caoutchouc, ce n'est plus l'élasticité de l'air qui est en jeu, mais celle du corps lui-même.

Le cerceau, la toupie, l'émigrant, le diable sont des applications de l'inertie, cette propriété que possède la matière de persister dans l'état où elle se trouve: le repos si elle est en repos, le mouvement si elle est en mouvement.

Le cerceau, les échasses, les poussahs, les petites bouteilles en cuir bouilli qui posées sur une table reprennent d'elles-mêmes la position droite si on les incline, sont autant d'application de l'équilibre des corps. Le poussah et la bouteille sont lestés à leur partie inférieure avec une petite masse d'argile ou avec un peu de plomb, de telle sorte que le centre de gravité soit très-bas. Lorsqu'on les penche, le centre de gravité se trouve soulevé et la pesanteur les sollicitant à descendre, ils reviennent à leur position première après quelques oscillations à droite et à gauche de la position d'équilibre, oscillations dues à l'inertie de la matière et qui diminuent de plus en plus par suite de la résistance de l'air.

On pourrait en effet considérer comme jouets scientifiques tous ceux qui peuvent servir à constater un phénomène; mais on est convenu de réserver cette dénomination à ceux qui mettent les enfants à même de produire certains phénomènes physiques et chimiques dont ils auront plus tard l'explication au cours de leurs études. De cette façon l'enfant s'habitue à regarder en face un phénomène et à en chercher la raison dans les faits plutôt que de s'en étonner.

Si nous acceptons dans ces termes la définition précédente qui n'est pas de nous mais que nous avons extraite de la brochure d'un marchand de jouets scientifiques, nous serions forcé de faire une classe à part pour les jouets d'optique si nombreux et souvent si amusants. Ces jouets en effet semblent être bien plutôt destinés à étonner qu'à instruire les enfants auxquels on les donne. Mais, dirons-nous, il ne tient qu'aux personnes qui les mettent entre les mains de l'enfant de profiter de son étonnement, pour lui donner la raison des phénomènes dont il s'émerveille et pour faire du jouet d'optique un jouet aussi instructif qu'intéressant. Du reste, n'est-ce pas là ce qu'on fait à l'égard des jouets sur l'électricité et des petites machines à vapeur et l'explication du papa ou du professeur n'est-elle pas aussi nécessaire ici que là? Sans doute, dans les jouets sur l'électricité et sur la force expansive de la vapeur d'eau, l'enfant constate le phénomène et apprend par les yeux et le toucher comment il se produit; mais de ce que l'explication des phénonènes d'optique est moins matérielle que celle des phénomènes d'électricité, serait-il juste de conclure que les jouets d'optique ne sont pas propres à l'instruction des enfants?

Disons donc, d'une manière générale, que TOUT JOUET QUI EST *spécialement destiné* A LA CONSTATATION OU A LA PRODUCTION D'UN PHÉNOMÈNE SCIENTIFIQUE EST UN JOUET SCIENTIFIQUE. De la sorte, il suffira de faire du poussah, du cerceau, de

la toupie, des illustrations, suivant l'expression anglaise, de la théorie de l'équilibre et de l'inertie pour les transformer tout à coup en jouets scientifiques.

Les parties les plus exploitées de la physique pour ce que nous appellerons des récréations scientifiques, terme qui nous semble plus juste que celui de jeux ou jouets, sont : la pesanteur, la chaleur, l'optique et surtout l'électricité ; l'acoustique ne nous donne que le seul téléphone.

Pour la pesanteur nous avons quelques expériences sur la pression de l'air à l'aide de la machine pneumatique; tels sont les hémisphères de Magdebourg, la pluie de mercure, le tube de Newton, le crève-vessie, etc.; mais comme la machine pneumatique la meilleure marché coûte encore très-cher, ces récréations ne sont pas accessibles à tous.

La chaleur est représentée par de petites machines à vapeur aussi parfaites que les machines les plus parfaites de nos usines et de nos chemins de fer. A l'aide de ces appareils, il devient facile de s'instruire de la formation de la vapeur d'eau, de sa tension, de son élasticité et de sa puissance de traction. Ajoutons qu'on peut également en démontant et en remontant certaines parties de ces machines se rendre compte de leur construction et du jeu de leurs pièces, des tiroirs par exemple.

L'électricité fournit les plus nombreuses expériences, et, il faut le dire, les expériences les plus propres à laisser dans l'intelligence de l'enfant un ensemble des principaux éléments de cette partie de la science.

Ce sont elles, en effet, qui leur feront connaître, au moyen d'un électrophore d'une machine électrique ou d'une pile, les modes divers de la production de l'électricité ; au moyen du pendule à balle de sureau et de l'électroscope, les espèces d'électricité, les lois des attractions et des répulsions, les corps conducteurs et les corps isolants; au moyen de la bouteille de Leyde, d'un excitateur et du carillon électrique, les condensateurs électriques, leur décharge lente ou spontanée ; au moyen enfin du pistolet de Volta, du tourniquet pyrophore, du tableau étincelant, des tubes de Geissler, de l'appareil à décomposer l'eau, des appareils de galvanoplastie, des télégraphes, les effets calorifiques, lumineux et chimiques de l'électricité.

Les appareils nécessaires à toutes ces expériences sont, on le voit, empruntés les uns à l'électricité statique, les autres à l'électricité dynamique; disons toutefois que l'électricité dynamique s'adresse aux enfants déjà d'un certain âge et qu'elle ne doit venir, comme dans les cours de physique, qu'après l'électricité statique.

Les jouets auxquels l'optique donne naissance sont basés ou sur la réflexion de la lumière par les miroirs plans et par les miroirs concaves, ou sur le pouvoir des lentilles ou enfin sur certains phénomènes de vision.

Parmi les premiers nous citerons le spectographe, le kaléidoscope et la fleur impalpable ; parmi les seconds : la lanterne magique, les polyoramas et le grimakisticope ; parmi les derniers, le zootrope ou phénakisticope et le pédémascope.

Le *spectographe* a pour but de permettre aux enfants de s'exercer à dessiner sans décalquer, mais en ayant pour guide l'image virtuelle du modèle.

Il est basé sur ce fait optique que, lorsque par un effet de réflexion ou par une autre cause le faisceau lumineux qu'envoie un corps est dévié dans sa route, nous ne voyons plus ce corps dans le lieu où il est, mais dans la direction qu'à le faisceau lumineux au moment où il pénètre dans l'œil.

Il consiste en une planchette ABCD (fig. 7), recouverte d'un papier noir, sur le milieu de laquelle on fixe perpendiculairement et dans le sens de la largeur de la planchette une plaque de verre EFGH, maintenue par deux petits supports fixés à la planchette EI,GJ.

Par suite de cette disposition, si, plaçant à gauche sur la planchette un dessin et à droite une feuille blanche, on regarde par le côté gauche qui doit être le plus éclairé, ce dessin envoyant des rayons qui arrivent à l'œil du dessinateur après avoir été réfléchis sur la plaque de verre, sera vu suivant la ligne de réflexion de l'autre côté de la plaque de verre sur le papier blanc, et produira une image virtuelle et symétrique que le dessinateur suivra d'autant plus facilement dans tous ses détails qu'il verra très-nettement, à travers le verre, sa main et son crayon.

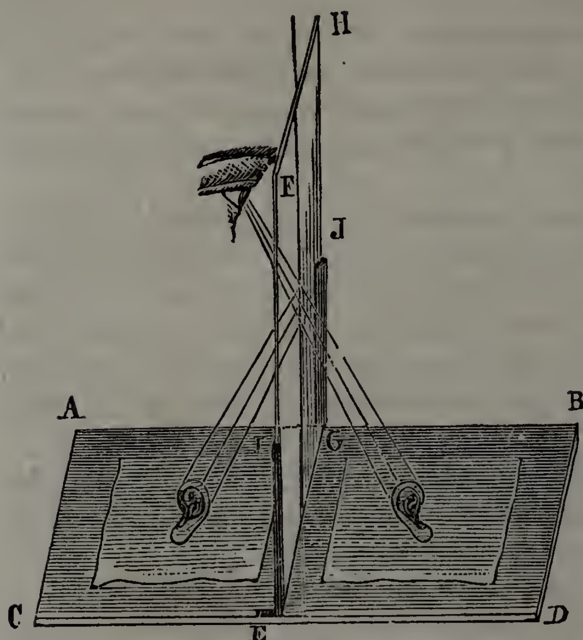


Fig. 7. — Le spectographe.

Il est bien entendu que le dessinateur ne devra pas cesser d'avoir l'œil du côté gauche de la plaque de verre, car autrement l'image virtuelle ne se produirait pas pour lui.

Le *kaléidoscope* a pour but d'offrir aux dessinateurs de châles certaines combinaisons de dessins ainsi que de couleurs et aux enfants des récréations agréablement variées.

Il est basé sur les réflexions qui se produisent sur deux miroirs inclinés. Deux glaces *om* et *om'* (fig. 8) se coupent à angle droit, et l'on place l'œil à peu près sur le prolongement de leur ligne d'intersection pour regarder un objet *a* situé à l'extrémité opposée dans l'angle que forment les glaces.

L'appareil étant tourné contre le jour on voit alors un cercle entier de lumière et quatre images de l'objet *a* ayant des positions relatives remarquables. Ces images sont formées de la manière suivante : la première est l'objet vu directement en *a* et sans réflexion; la deuxième *b* est vue par réflexion sur *om*, elle est symétrique de *a*; la troisième *b'* est vue par réflexion sur *om'*; elle est parallèlement symétrique de *a* et par conséquent égale à *b*; la quatrième *d* résulte de la superposition de deux images provenant l'une et l'autre d'une double réflexion, savoir : d'une réflexion sur *om* et ensuite sur *om'*, puis d'une réflexion sur *om'* d'abord et ensuite sur *om*; elle est à la fois symétrique de *b* et symétrique de *b'*, par conséquent égale à *a*. Tel est le principe du kaléidoscope. Au lieu d'un seul objet *a*, on dispose dans l'angle des glaces une grande variété d'objets transparents et colorés que le hasard arrange de mille façons; il en résulte un cercle brillant où l'on remarque toujours une grande symétrie, puisqu'il est composé de quatre secteurs égaux deux à deux, chacun étant compris entre deux secteurs qui leur sont symétriques.

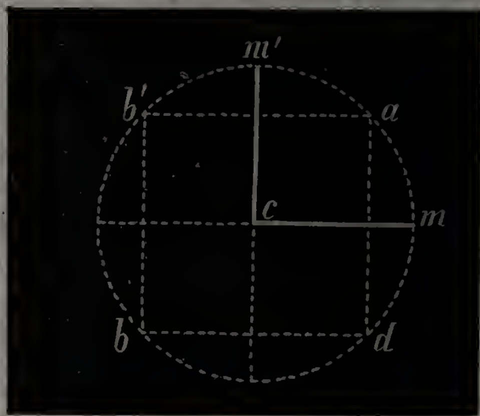


Fig. 8. — Le kaléidoscope.

Le nombre des secteurs devient 5, 6, 7, en donnant aux deux glaces $^1/_5$, $^1/_6$, $^1/_7$ de circonférence, etc.

La *fleur impalpable* est sans contredit la plus jolie expérience qu'on puisse faire avec un miroir concave. Elle repose sur cette loi optique que l'image d'un objet placé au centre d'un miroir concave se fait elle-même au centre, ce qui est facile à comprendre, si on considère que les rayons envoyés du centre

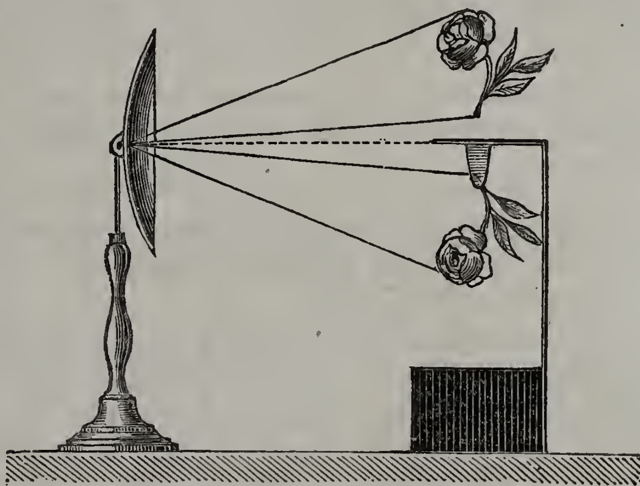
sur le miroir tombant perpendiculairement, doivent forcément revenir dans la même direction.

Si donc, on expose une fleur ou un autre objet près du centre d'un miroir concave, au-dessous par exemple, en la retournant et en la cachant au spectateur, son image droite et d'une grandeur égale à elle-même se fera au-dessus de ce centre où le spectateur la verra sans pouvoir la toucher (fig. 9).

Cette expérience, comme on le voit, met en relief une des quatre lois de la formation des images dans les miroirs concaves.

N'y a-t-il pas gros à parier que lorsque l'enfant possesseur d'un miroir concave aura connu la raison de ce phénomène, il aura l'idée d'obtenir d'autres effets en plaçant cette fleur dans plusieurs autres positions par rapport au miroir et arrivera, surtout s'il a un peu d'aide, à constater les trois autres lois, sinon à les formuler.

Plus, en effet, il éloignera la fleur du centre du miroir, plus l'image réelle et renversée sera petite; et inversement plus il l'approchera du miroir en partant du centre, plus l'image droite et virtuelle sera grande.


Fig. 9. — Fleur impalpable.

La lanterne magique a pour objet de projeter sur un écran blanc, dans une chambre obscure, des images très-amplifiées de petits personnages ou autres objets peints sur verre, pour les montrer à de nombreux spectateurs. Elle a été inventée, il y a plus de deux siècles, par un jésuite allemand, le père Kircher.

Elle se compose d'une boîte de fer-blanc dans laquelle est une lampe placée devant un réflecteur qui renvoie la lumière sur une forte lentille plan-convexe. Celle-ci qui reçoit la lumière par sa partie plane, la fait converger vers une lame de verre sur laquelle sont peints différents sujets. Enfin un système de deux lentilles plan-convexes situées à une faible distance l'une de l'autre et se présentant leur partie convexe, ce qui les fait agir comme une seule lentille biconvexe très-grossissante, se trouve placé à une distance telle que la lame de verre soit très-peu audelà du foyer principal. A cette distance, le système des deux lentilles donnera sur l'écran une image très-amplifiée et renversée des figures peintes sur le verre, car, comme on sait, les lentilles biconvexes donnent des images réelles très-petites des objets éloignés et, au contraire, des images très-amplifiées des objets rapprochés.

On redresse l'image en plaçant, dans la lanterne, le verre peint de manière que le dessin soit renversé, et l'image se forme d'autant plus loin et se trouve d'autant plus amplifiée que le verre est plus rapproché du foyer principal du système lenticulaire et que ce système est plus grossissant.

Le Polyorama ou *dissolving view*, comme on dit en Angleterre, ressemble quant à sa disposition intérieure à la lanterne magique. La seule différence qui existe entre ces deux appareils, c'est que dans la lanterne magique le système lenticulaire est fixe tandis qu'il est mobile dans le polyorama, ce qui permet d'amplifier à volonté l'image projetée; et que la lanterne magique est toujours composée d'une seule boîte tandis que le polyorama se compose d'une lanterne double, dont les deux systèmes de lentilles vont converger vers un même point de la toile qui reçoit l'image.

Ceci étant compris, voici comment fonctionne l'appareil. On a deux tableaux peints sur verre représentant la même vue dans des conditions opposées, un paysage avec un effet de soleil couchant et un paysage avec un effet de lune par exemple. Ayant placé ces verres, chacun dans une des lanternes, et les lentilles étant disposées de manière à projeter exactement sur la même partie de la toile les images amplifiées, on ouvre d'abord le diaphragme de la lanterne dans laquelle est l'effet de soleil couchant, l'autre restant fermé; puis, quand l'image est demeurée exposée un certain temps aux yeux des spectateurs, on fait marcher lentement un mécanisme fermant doucement le diaphragme de la lanterne qui vient de fonctionner tout en ouvrant l'autre; il en résulte qu'en passant successivement par toutes les gradations de lumière, l'image qui donne l'effet de soleil couchant disparaît, tandis qu'on voit lui succéder par nuances insensibles l'effet de nuit représenté par l'autre tableau.

Le *dissolving view* consiste à faire succéder à une vue une autre vue qui en diffère absolument, une forêt par exemple à un riche palais.

Le *Grimakisticope* a pour objet de faire plusieurs charges ou caricatures d'une photographie quelconque. Outre qu'il est une source d'amusement pour les enfants et même pour les grandes personnes, il peut encore fournir de nombreuses idées à un caricaturiste.

Il se compose d'une boite de forme rectangulaire dont la partie antérieure porte en haut deux oculaires comme ceux d'un stéréoscope. Au fond et à l'extrémité de cette boîte, on place à plat une photographie éclairée au moyen d'un verre translucide qui occupe le bas de la partie postérieure de la boîte, et qui n'est séparé du fond de celle-ci que par l'espace nécessaire à l'introduction de la photographie.

Dans l'intérieur de l'appareil, à égale distance environ de la paroi supérieure et de la paroi inférieure de la boîte, se trouve un disque de verre placé horizontalement et qu'un mouvement d'horlogerie fait tourner très-lentement autour de son axe. Ce disque est taillé sur chacune de ses faces suivant certaines courbes concentriques déterminées, dont le centre de figure se fait diversement à chaque quart du cercle. Au-dessus se trouve un miroir plan dont l'inclinaison sur le disque est telle qu'on puisse voir par les oculaires l'image virtuelle, que les rayons lumineux de la photographie viennent y former après leur réfraction à travers les courbes du disque.

C'est par suite de la rotation du disque que tous les points de ces courbes, venant passer successivement au-dessus de la photographie, réfractent diversement les rayons envoyés par celle-ci, et forment dans le miroir une image virtuelle dont les lignes se transforment insensiblement, et donnent au portrait représenté par la photographie les aspects les plus étranges et les plus grotesques.

Un grand front devient petit, des joues maigres deviennent bouffies, un nez long prend des proportions énormes, et cela sans rendre méconnaissable la personne à laquelle ils appartiennent.

Ce qu'il y a de remarquable dans cette combinaison d'optique, c'est que tous ces changements successifs se font sans brusquerie et de la façon la plus naturelle. Une fluxion ne progresse pas mieux sur la joue d'une personne que celle qui s'empare de la joue du portrait placé dans le grimakisticope.

En terminant, nous préviendrons ceux de nos lecteurs qui auraient envie de faire usage de cet appareil, dont M. Delhomme est l'intelligent et habile constructeur, que, l'image virtuelle étant symétrique de l'objet qu'elle représente, la photographie doit être placée dans l'appareil la tête en bas, si on veut avoir une image droite sur le miroir incliné.

Le *Zootrope* ou *phénakisticope* a pour but de produire l'illusion animée, c'est à-dire de donner à une image toutes les apparences du mouvement.

Il repose, sur ce fait optique que l'image d'un objet demeure sur la rétine de l'œil encore quelque temps après la disparition de cet objet.

Il se compose d'une boîte circulaire ouverte à sa partie supérieure et à laquelle on peut donner avec la main un mouvement rapide de rotation autour du pivot qui la supporte.

La partie cylindrique de cette boîte présente sur la moitié de sa largeur, par en haut, des fentes étroites à des distances égales et assez rapprochées.

Pour faire fonctionner l'appareil, on place dans l'intérieur du cylindre une bande de papier d'une hauteur telle qu'elle ne vienne pas toucher les fentes, et sur laquelle est représenté un personnage dans les phases diverses d'une même action Il va sans dire que les dessins doivent regarder le centre de la boîte. Puis, donnant un mouvement de rotation rapide à l'appareil, on regarde par les fentes et l'on voit, en plusieurs exemplaires et comme par une seule fente, le personnage représenté par l'image exécuter très-naturellement les mouvements les plus variés.

Le *Pédémascope* est un jouet qui repose sur le même principe que le zootrope. Il est beaucoup plus simple et coûte par conséquent moins cher.

Dans l'acoustique, comme nous l'avons dit, nous ne rencontrons d'autre jouet que le *téléphone* connu d'abord dans la bimbeloterie sous le nom de *télégraphe acoustique*, dénomination vicieuse, bientôt changée par les savants qui s'emparèrent de la découverte due au hasard, pour l'étudier, l'expliquer, et en rechercher les applications.

Le téléphone, ainsi que l'indique son nom, a pour objet de faire entendre les sons à distance; la théorie n'en est pas encore faite et il ne nous appartient pas de tenter de la faire.

Quant à la chimie, elle fournit peu de récréations à la jeunesse, bien que certaines expériences eussent pu être aussi facilement mises à la portée des enfants que les expériences de physique. La chimie amusante se borne jusqu'ici à la décomposition de l'eau, à la cristallisation lente de certains sels, à quelques réactions chimiques et à des effets de pyrotechnie.

La Bimbeloterie en 1878. — En 1867, quelques bimbelotiers à peine avaient exposé des jouets peu nombreux et pour la plupart insignifiants. Cette année, la section française a pu offrir à la curiosité des visiteurs toute une attrayante galerie de bimbeloterie et, dans la section étrangère, l'Angleterre, la Bohême, la Chine, le Japon, les États-Unis ont envoyé des échantillons de leurs jouets.

Ainsi que nous l'avons dit au commencement de cet article, les cartonnages et les masques sont assimilés à la bimbeloterie, c'est pourquoi les masques de M. Boudvillain figurent à côté des jeux et jouets de toute sorte. Deux vitrines de masques, celle de M. Boudvillain surtout, témoignent des progrès réalisés par cette industrie; les masques vénitiens, pendant si longtemps justement renommés, et dont la supériorité était encore très-grande à l'Exposition de 1855, sont égalés aujourd'hui, sinon surpassés, par les fabricants français. Peut-être même cette fabrication a-t-elle perdu de son importance en Italie, car la France, la Chine et le Japon sont les seuls pays qui aient exposé des masques, encore est-il hors de propos de comparer les produits français en ce genre à ceux de la Chine, tant le but et les résultats sont différents pour chaque pays. Nos masques, destinés exclusivement au bal masqué, doivent être élégants, légers, aussi commodes que possible, et ce ne sont en général que des demi-masques, autrement dit des loups dont le mince carton est recouvert

de velours, de satin, de taffetas, tandis que les masques chinois et japonais sont des masques de comédiens qui doivent avoir la physionomie du personnage que représente l'acteur.

Le masque japonais est plus fini et plus vrai ; le masque chinois, plus grotesque, atteint quelquefois l'extrême limite de la laideur fantastique sans jamais devenir effrayant tant il conserve de gaîté.

Avant d'être connue pour ses terres de pipes décorées, la ville de Sarreguemines était célèbre pour ses cartonnages, ou du moins pour ses tabatières en carton ; mais les tabatières de Sarreguemines, si l'on en fabrique encore, feraient piètre mine à côté des cartonnages de M. Lefebvre, qui modèle, en pâte de carton, des brioches, des petits pains, des côtelettes, des légumes, des fruits, qu'il peint ensuite avec tant de vérité que l'illusion est complète. Ce genre de cartonnage, dit à surprise, est apprécié comme boîtes de bonbons ; à Noël, à Pâques et au 1er Avril il s'en vend, dans certains quartiers, des quantités considérables.

M. Saussine, M. Cayen et M. Julien ont exposé des jouets en carton ; découpures, patiences, constructions, etc. M. Fierafiat nous montre des têtes pour le cotillon, des œufs de Pâques, des chevaux à jupon, des poussahs et des festins de poupées aussi complets qu'appétissants, le tout en carton.

Les poupées sont nombreuses et luxueuses, mais toutes, bébés, fillettes, grandes dames, mariées reproduisent ce type unique : la poupée-cocotte, à l'exception d'une seule, une poupée vêtue en mariée qui brillait par son air pudique dans la vitrine de M. Montanari ; on la regardait du reste fort peu et on la délaissait bien vite pour aller admirer les airs provoquants et les splendides toilettes des poupées exposées par les magasins connus, comme le Paradis des enfants et le Louvre, ou par des fabricants en renom comme M. Bru, M. Jumeau et M. Steiner, l'inventeur du roi des bébés.

Les fournisseurs des poupées figurent à côté de leurs jolies clientes, ce sont MM. Quivy, Sustrac, Terrène, Borreau, couturiers ; Mme Béreux, lingère ; Mme Pannier, coiffeur ; Mme Larue, joaillier ; M. Ronfet, tapissier ; M. Merlin-Frasier, ébéniste. Il n'y avait certainement pas, dans l'exposition des meubles, de buffet plus finement sculpté que celui de la salle à manger en chêne de M. Merlin-Frasier. A ce joli meuble, il n'y avait qu'une toute petite chose à reprendre : un objet qui coûte 1800 fr. peut-il bien être considéré comme un jouet ?

Les ménages en porcelaine, les faïences, les cristaux sont également jolis, mais fort chers.

Le jouet en métal ; fer-blanc, tôle, zinc, offre à côté des articles tout à fait bon marché des jouets de luxe d'un prix assez élevé. Ce genre de jouet, fabriqué autrefois exclusivement en étain, fut d'abord une spécialité française ; au XVIe siècle, le privilége de cette fabrication avait été octroyé à une puissante communauté réunie plus tard à celle des miroitiers-lunetiers. Le jouet de métal changea tout à fait de caractère lorsqu'on y employa le fer-blanc et la tôle vernie ; ce fut alors que l'Allemagne en acquit le monopole. Une fabrique de jouets en métal, fondée à Paris en 1834, par M. Deseine, eut pendant longtemps beaucoup de peine à lutter contre la concurrence allemande ; mais elle a enfin réussi, sous l'habile direction de M. Potier, à prendre une importance telle que 150 ouvriers y sont actuellemett occupés et qu'elle fait de ce genre de jouets une industrie parisienne. Les jouets fabriqués par M. Potier dépassent ceux de l'Allemagne comme bon goût et rivalisent avec eux comme bon marché, ce qui avait semblé longtemps impossible.

Citons encore les armes et les instruments de jardinage de M. Andreux, en posant toutefois cette question : le fusil adopté à l'école de la Flèche pour l'étude du maniement des armes est-il bien placé parmi les jouets ?

M. Turpin et ses confrères disent que leurs jouets en caoutchouc sont complé-

tement inoffensifs, nous voulons bien le croire, mais tout ce que nous pouvons affirmer c'est qu'ils sont tous finement moulés et quelques-uns fort drôles.

Cartes à jouer. — Elles étaient disséminées en tant d'endroits qu'il ne nous semble pas que nous les ayons toutes vues et que nous ne pourrons en dire que quelques mots, au seul point de vue de l'enluminure. Les entraves apportées à la fabrication des cartes par les mesures fiscales ne leur ont permis de faire que peu de progrès sous le rapport artistique ; les cartes en chromolithographie de Suède, de Belgique et des États-Unis sont bien supérieures comme élégance aux cartes françaises encore peintes au patron, sauf quelques cartes de fantaisie peu usitées.

Les cartes espagnoles ont, comme les nôtres, conservé les anciens types et sont coloriées au patron ; les costumes et même la forme de certaines pièces, les *copas*, par exemple, varient d'une province à l'autre, et l'on a les cartes de Valence, de Murcie, de Biscaye, etc. En Amérique, l'angle gauche de la carte porte une répétition en petit du point ou de la figure, ce qui permet au joueur de se rendre compte de ce qu'il a dans la main tout en tenant ses cartes très-rapprochées.

Nous avons remarqué, en France, des cartes alphabet assez jolies, quoique les personnages en fussent un peu trop empruntés aux opérettes en vogue.

Automates. — Parmi les automates nouveaux qui figurent à l'Exposition, nous devons citer tout d'abord ceux qui peuvent être mis entre les mains des enfants et leur servir d'amusements, comme l'ondine ou poupée nageuse de M. Martin, le chien nageur de M. Bidal, les poissons de MM. Maltête et Parent, et la ménagerie articulée si remarquable de M. Roullet.

Quant aux automates qui mettent leurs constructeurs au nombre des imitateurs de Vaucanson, ce ne sont pas, à proprement parler, des jouets, et leur prix élevé en font plutôt des curiosités de luxe que des objets d'un usage journalier. Tels sont les personnages de M. Vichy et les oiseaux chanteurs de MM. Bontemps et Oulmann.

Comme en toutes choses, il est bon d'aller du simple au composé, nous nous occuperons d'abord des jouets qui présentent les automates les plus simples, et qui en même temps rentrent plus spécialement dans la bimbeloterie.

MM. Maltête, Parent et Roullet semblent s'être ligués pour enlever à la Forêt-Noire et aux environs de Nuremberg le monopole des jouets automatiques.

MM. Maltête et Parent ont pris pour leur part les animaux aquatiques ; ils construisent des cygnes, des canards et des poissons que l'on croirait vivants à la façon dont ils fendent l'eau d'un aquarium ou d'un bassin.

M. Roullet s'est attaché à une autre partie de l'industrie nurembergeoise. Nous voyons dans sa vitrine un paon qui fait la roue, une poule qui caquette, pond et ramasse le grain qu'on lui jette, un coq qui se dresse sur ses ergots, avance le cou et lance, en battant des ailes, un joyeux coquerico ; un ours qui grogne, un chevreau qui bondit et enfin un attelage qui traîne un carosse. Cet attelage reproduit, en plus grand, le cheval que nous avons décrit dans la partie technique de cet article.

Nous ne dirons rien du *chien nageur* de M. Bibal, conçu par l'inventeur pendant le cours de l'Exposition et d'après l'*ondine* ou poupée nageuse de M. Martin ; nous passerons tout de suite à la description de celle-ci.

Ce jouet, dont le succès a été tel dès son apparition, que l'inventeur, qui l'avait imaginé pour amuser son enfant aux bains de mer, s'est vu dans l'heureuse obligation de créer en quelques jours un établissement capable d'occuper une centaine d'ouvriers et ouvrières, n'a de la poupée que les membres et la tête.

Le corps de la nageuse est formé d'une planchette A (fig. 10), fixée sur un morceau de liége d'une épaisseur et d'une surface telle que le poids du mécanisme *a*, placé dans l'épaisseur du corps de la poupée, ne puisse l'entraîner au fond de l'eau.

Aux quatre coins de cette planchette sont fixés par quatre vis *g*, *h*, *g'* *h'*, et de façon à se mouvoir avec leur vis respective comme axe de rotation, des leviers recourbés BB, JJ, à l'extrémité desquels sont fixés les bras et les jambes de la poupée. Ces bras et ces jambes en caoutchouc creux sont articulés aux poignets et aux genoux.

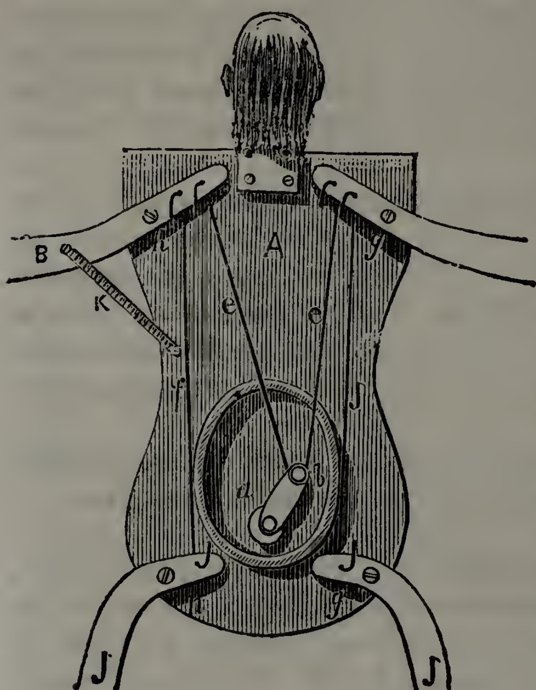


Fig. 10. — Nageuse.

Le mécanisme consiste en un mouvement d'horlogerie placé, comme nous l'avons dit, dans l'épaisseur de la planchette qui forme le corps. Afin de le mettre à l'abri de l'humidité, on le recouvre d'une membrane de caoutchouc.

Comme on le voit par la fig. 11, c'est le plus simple des mouvements d'horlogerie. Il consiste en un barillet dans lequel vient s'enrouler un ressort spiral qui, en se détendant, fait tourner la roue dentée qui surmonte le barillet et qui engrène avec un pignon *p*, dont l'arbre supporte une petite manivelle *b*, au bouton de laquelle est invariablement fixé un fil de laiton plié en V et rattaché par ses deux extrémités aux leviers BB des bras. Le mouvement de la manivelle est réglé par une roue à rochet placée au-dessous du barillet. Une clef fixe K, placée sous le mécanisme et qui ressort sous le ventre de la poupée, permet de remonter la nageuse suffisamment pour lui permettre de faire une centaine de brasses.

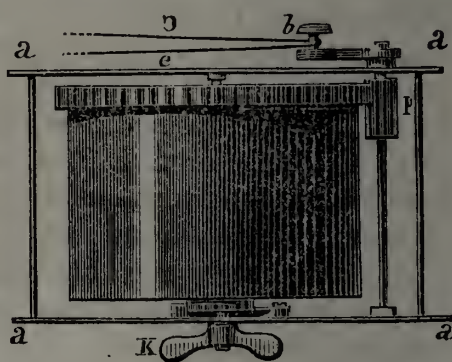


Fig. 11. — Mouvement d'horlogerie.

Quant aux mouvements des jambes, il est produit par celui des bras, grâce à deux fils de laiton *fd* attachés l'un au levier B et au levier J, l'autre au levier B' et au levier J'.

Lorsque dans son mouvement circulaire, la manivelle *b* regarde l'avant de la poupée, elle maintient les leviers BB' des bras dans la position la plus rapprochée du corps, et quand elle regarde l'arrière, elle tire au moyen des deux fils *e* et *c* les leviers des bras dans une direction telle que ceux-ci se trouvent réunis en avant du corps. En même temps les fils *fd*, qui relient les leviers des bras aux leviers des jambes, donnent à celles-ci le mouvement opposé à celui des bras, les écartant et les relevant lorsque les bras s'allongent et se rapprochent du corps; ce qui est parfaitement conforme au mouvement du nageur.

Enfin, un petit ressort à boudin K, fixé par une extrémité au levier B et par l'autre à la planchette A et qui se trouve à l'état normal quand l'extrémité de la manivelle regarde la tête de la poupée, a pour but de donner plus de force aux mouvements des membres, lorsqu'après avoir accompli leur mouvement en avant, ils reviennent à leur position primitive. C'est ce qui permet à la poupée d'avancer en nageant.

Grâce à l'articulation des poignets et des genoux, le mouvement des mains et des jambes est produit naturellement par la résistance de l'eau.

A côté de ce jouet, on peut encore citer un jouet mécanique exposé par M. Casanova à l'Exposition ouvrière. C'est *un patineur* qui se livre sur une piste circulaire à tous les plaisirs du *skating*.

A l'intérieur et au centre de la boîte qui lui sert de socle, est placé un mouvement d'horlogerie qui fait mouvoir circulairement un arbre horizontal, à l'une des extrémités duquel est fixé un petit tube qui supporte le patineur. Dans ce tube vertical est placée une petite tige libre, terminée en bas par une roulette qui se meut, toujours dans l'intérieur de la boîte, sur une piste présentant des sinuosités. De la sorte, cette tige monte ou descend verticalement, suivant que la roulette occupe dans son parcours des points alternativement plus hauts ou plus bas.

L'arbre est guidé par une roulette placée au milieu de chacune de ses branches, et qui court sur une piste plane et circulaire et concentrique à la piste ondulée.

Lorsque la tige monte, elle rencontre dans le ventre de la poupée un levier qu'elle fait basculer, et comme ce levier porte à ses extrémités des tiges de bois auxquelles sont fixées, par les cuisses et de manière à être mobiles, les jambes de la poupée, il en résulte que les jambes sont entraînées dans le mouvement de levier, de sorte que, l'une s'abaissant et l'autre se relevant alternativement, le patineur semble glisser tantôt sur un pied, tantôt sur un autre.

Lorsque la tige libre s'abaisse, le levier est ramené dans sa position primitive par un ressort à boudin.

Enfin, un fil partant d'un point donné du système du levier, est disposé de manière à imprimer à la tête un mouvement de droite à gauche correspondant aux mouvements des jambes.

Le patineur de M. Casanova n'est pas à proprement parler ce qu'on peut appeler un automate, il serait plutôt assimilable aux marionnettes, car son mécanisme est absolument celui des pantins que l'on fait mouvoir en tenant un fil. Seulement ici le fil est en métal et est tendu et détendu automatiquement par le poids de la petite roulette qui est à sa partie inférieure, poids qui augmente lorsque la roulette descend un plan incliné et diminue lorsqu'elle le monte.

Nous voici maintenant arrivés aux automates proprement dits ; bien que ce genre de pièces mécaniques soit de peu de débit en Europe, il se vend assez bien aux Indes où les Rajahs les paient des prix suffisamment élevés pour que Paris compte un certain nombre de fabricants.

Parmi les expositions nombreuses et variées d'automates, nous ne citerons que les plus intéressantes, soit au point de vue de la perfection, soit à celui des innovations.

Les automates de M. Vichy se distinguent par une grande souplesse de mouvements; sa *pianiste*, ses deux *élégantes*, l'une qui se pare devant sa toilette, l'autre qui salue en agitant mollement son éventail, remettent en mémoire ce conte d'Hoffmann dans lequel la fille du docteur n'est autre chose qu'un automate; que ceux-ci fussent de grandeur naturelle et l'illusion pourrait, avec une certaine mise en scène, être presque complète. Le *singe* costumé en incroyable lorgne avec les mines les plus grotesques et quant à l'*escamoteur*, il exécute ses divers tours avec toute la rapidité et toute la précision désirables.

M. Bontemps a refait le canard de Vaucanson, avec cette différence toutefois qu'il a supprimé l'opération chimique simulant la digestion et que son canard avale une substance et en rejette une autre. Il a refait le flûteur et le joueur de tambourin : mais il n'expose que des *oiseaux chanteurs* parce que c'est là seulement qu'il a apporté des innovations.

C'est en effet M. Bontemps qui, le premier, a obtenu l'intermittence dans le chant des oiseaux et est parvenu à imiter aussi parfaitement que possible le chant du *rossignol*. Nous allons voir, par la description du mécanisme de ses oiseaux chanteurs, comment il a pu arriver à ce résultat et comment il a pu obtenir plus de délicatesse et plus de vérité dans l'imitation du chant des autres oiseaux.

A l'intérieur de la boîte, sur laquelle repose la cage qui renferme l'oiseau, est un mouvement d'horlogerie qui fait mouvoir deux roues verticales et agit sur un soufflet *o* (fig. 12).

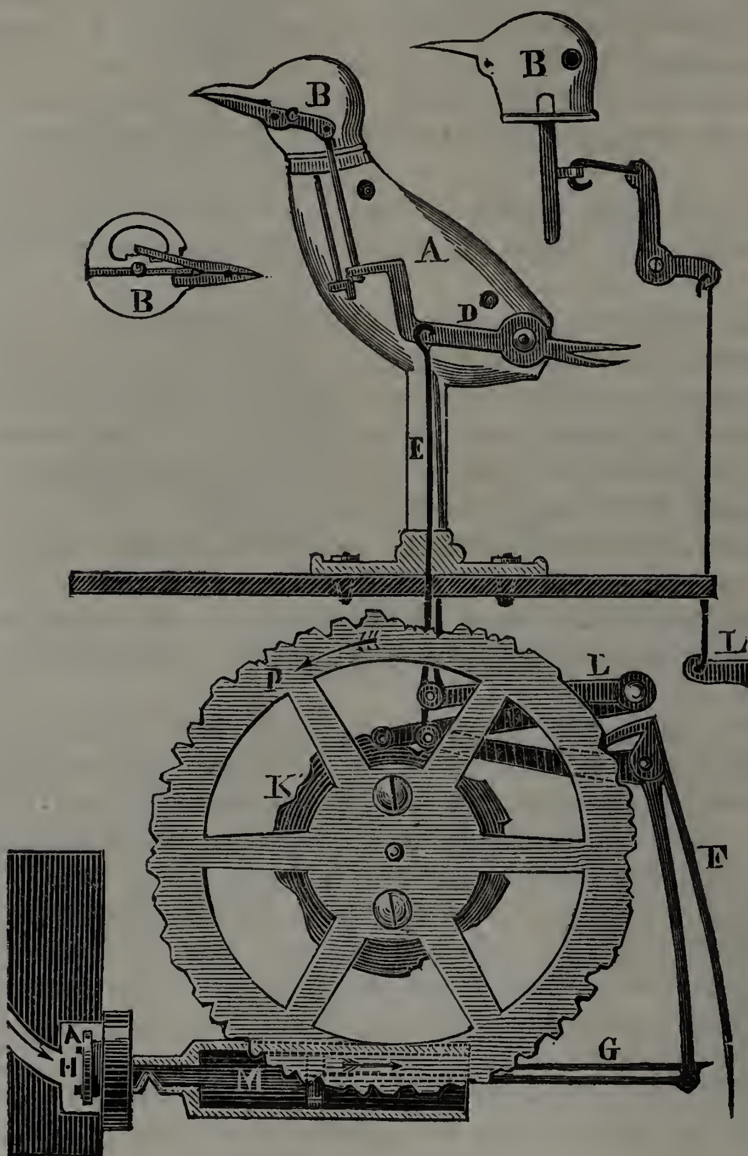


Fig. 12. — Oiseau chantant. — A, corps de l'oiseau; — B, tête vue de plusieurs côtés; — C, bec; — D, levier destiné à mouvoir le bec; — E, fil métallique correspondant au levier F qui frappe la tige G; — H, soupape du sifflet; — I, levier destiné à transmettre le mouvement au piston R dans le sifflet M; — K, roue qui fait mouvoir les leviers F et L; — N, chambre d'air; — O, soufflet.

Ces deux roues, montées sur le même arbre, la roue K et la roue P, suffisent à produire le chant et les mouvements de l'oiseau.

La roue K, la plus petite, n'est pas dentée à proprement parler, elle porte simplement à son bord extérieur des parties alternativement rentrantes et saillantes. Elle sert à mettre en mouvement le levier F. Lorsque la tête de celui-ci est soulevée par l'une des saillies de la roue, sa partie inférieure vient frapper la tige G qui, passant derrière le sifflet M, va ouvrir la soupape H de la chambre à air N remplie par le soufflet O que fait fonctionner le mouvement d'horlogerie, comme nous venons de le dire.

En même temps, la tige E, fixée à la tête du levier F, s'élève et fait mouvoir le levier D qui fait basculer la partie mobile du bec C de l'oiseau, de sorte que le bec ne s'ouvre qu'au moment où l'introduction de l'air dans le sifflet vient à produire une note. Bientôt, par suite de son mouvement de rotation dans le sens des flèches, la roue cesse de soulever le levier F qui s'abaisse de la profondeur de l'encoche de la roue qu'il rencontre, alors la tige E s'abaisse en même temps fermant le bec; et la tige E recule, ce qui permet à la soupape H de se refermer et de suspendre l'introduction de l'air dans le sifflet. L'oiseau ouvre donc le bec quand il chante et le ferme quand il se tait.

Un levier LL, mu également par la roue K, entraîne la tête B dans son mouvement oscillatoire et la fait tourner à droite et à gauche.

La roue P sert à augmenter ou diminuer la capacité du sifflet en faisant avancer ou reculer le piston de quantités réglées par la hauteur des dents, ce qui produit les intonations. Le piston persiste dans ses différentes positions pendant les intervalles de temps donnés par la largeur des dents, de sorte que les notes sont ou détachées ou tenues, suivant que la dent est étroite ou large.

M. Oulman place dans l'intérieur de gros oiseaux des colonies un mécanisme analogue à celui qu'a imaginé M. Bontemps; mais, on peut dire qu'il n'innove pas sur ce dernier, qui pourrait, s'il le voulait, construire ses mécanismes d'une petitesse suffisante pour être introduit dans le corps des plus petits oiseaux. Il nous montre, en effet, un semblable mécanisme enfermé dans une tabatière et qui produit le chant d'un petit oiseau. Celui-ci, pour apparaître et chanter sa chanson, demande simplement que l'on presse le bouton qui fait lever le couvercle sous lequel il est caché.

Jeux instructifs. — Ils ne sont guère représentés que par une seule maison, mais ils nous offrent cependant assez de nouveautés pour que nous devions consacrer quelques lignes à les passer en revue. Nous trouvons d'abord dans la vitrine de M. Watilliaux tous les jeux qui se sont toujours faits, se feront toujours et sont passés à l'état de classiques : les patiences, les cubes, les lotos géographiques ou historiques, les dominos alphabétiques, le *jeu de calcul du petit Charles* avec ses chiffres mobiles, joli accessoire à donner en même temps que l'arithmétique du grand papa de Jean Macé, puis les jeux édités cette année spécialement pour l'Exposition.

Il n'est pas bien facile de se souvenir de toutes les stations qui s'étagent sur la ligne de chemin de fer qui réunit une capitale à une autre, à moins d'avoir parcouru plusieurs fois cette ligne, et lorsqu'aux examens on demande à nos jeunes filles d'aller par chemin de fer de Dunkerque à Marseille en indiquant les villes qu'elles traversent, elles sont quelquefois un peu embarrassées.

Aucune des grandes lignes de l'Europe n'embarrassera le bambin qui aura charmé ses loisirs avec le *jeu des chemins de fer*, visite de tous les peuples de l'Europe à l'Exposition. Sur une grande carte est tracé le parcours exact des lignes qui relient toutes les capitales à Paris; le joueur tourne une aiguille en demandant rouge ou bleu; quand l'aiguille s'arrête, le joueur voit quel numéro elle indique sur la couleur qu'il a choisie et va se placer à la station qui porte ce numéro : c'est le mécanisme du jeu d'oie sauf qu'on a substitué aux dés une roulette.

La Tour de Babel, comme son nom l'indique, est un jeu de construction. Elle a pour but d'enseigner par un procédé matériel la superficie et la population des contrées de l'Europe. Chacune des assises de la tour est formée d'une boîte portant une jolie chromolithographie qui représente une vue prise dans la contrée qui symbolise la boîte. La Russie étant la contrée dont la superficie est la plus considérable, occupe la base de la tour, ensuite vient l'Allemagne et ainsi de suite jusqu'à la Grèce, qui occupe le sommet de l'édifice et sert de piédestal à une statue de la Renommée.

Quelle chose aride que les principes de la musique et quel supplice pour les pauvres enfants d'être forcés à dire et redire quatre noires valent une ronde, un soupir vaut une noire, etc.! Avec *l'orphéon comique* et ses images humoristiques tout cela peut être appris en jouant, plus quelques notions élémentaires d'harmonie.

Le *jeu des personnages célèbres* et le *jeu des mariages poétiques* sont encore deux très-jolies nouveautés. Le premier se compose de cinquante cartes formant

dix séries de chacune cinq personnages célèbres, rois, généraux, poètes, orateurs, etc.; au-dessous des personnages, quelques-uns fort ressemblants, se trouve la date de la naissance, celle de la mort et les principales œuvres; ce jeu se joue comme le trente-et-un, mais les cartes qui le composent peuvent encore être employées de diverses façons plus ou moins instructives et amusantes.

Quant aux *mariages poétiques*, c'est en petit pour les citations françaises ce qu'est en grand pour les citations latines l'ouvrage du regretté Pierre Larousse. Vingt-quatre cartes imprimées en bleu portent le premier vers d'un distique célèbre dont le second vers se trouve sur une carte imprimée en rose. Afin de guider le joueur inexpérimenté, la même image, illustration du distique, est reproduite sur les deux cartes. Parmi ces dessins, celui de la fable de la Fontaine, le meunier, son fils et l'âne, mérite d'être cité. Comme il faut un perdant, le Maussade, accompagné d'une citation de Molière, joue le rôle de Misti dans le jeu du mariage.

Le *jeu des proverbes* est moins nouveau; il est, croyons-nous, de l'année dernière; mais les chromolithographies en sont si fines, et ils sont si bien choisis, tantôt dans le répertoire du bon Sancho, tantôt dans la sagesse des nations, qu'il faut bien en dire un mot.

Si amusants que soient tous ces jeux, il vient pourtant un âge où ils n'ont plus autant d'attraits, quand on sait son histoire, quand on pourrait compléter soi-même les citations des mariages poétiques, quand on commence à parcourir autrement que sur la carte les lignes de chemin de fer, il faut d'autres passe-temps Les jeunes gens se tournent alors vers les jouets scientifiques et se découvrent, en général. de merveilleuses aptitudes pour la physique ou la chimie, quant aux jeunes filles, elles se sentent plutôt attirées vers l'étude de l'histoire naturelle : elles font des herbiers ou des collections d'insectes, de papillons surtout.

Malheureusement il faut beaucoup de place pour loger une collection de ce genre. et beaucoup de soins pour la préserver des ravages de l'insecte qui la détruit quelquefois avant qu'elle soit achevée, si la collectionneuse ne peut donner à ce travail tout le temps qui serait nécessaire.

Avec la *lépidochromie* les inconvénients de la collection sont tous évités: plus de frais de boites, plus de place absorbée, un simple album et la sécurité d'une conservation indéfinie.

On sait que l'éclat coloré des ailes des insectes de l'ordre des lépidoptères est dû aux écailles infiniment petites qui recouvrent la membrane des ailes et qui s'en détachent au plus léger contact; ce sont ces écailles que la *lépidochromie* fixe sur le papier. On a donc ainsi, non pas une reproduction exacte du papillon, mais le papillon lui-même, moins la partie susceptible de s'altérer.

On peut opérer de deux façons. L'un des procédés est peut-être plus sûr, l'autre est plus rapide; nous indiquerons le premier seulement en quelques mots :

Après avoir plié en deux une feuille de papier ordinaire et avoir enduit d'une légère couche d'eau gommée le milieu des deux faces intérieures de cette feuille, on détache avec des ciseaux fins ou une pince les ailes du papillon qu'on veut décalquer, et on les pose sur l'une des parties gommées dans la position qu'elles occupent lorsque l'insecte est étalé, en plaçant d'abord les inférieures, ensuite les supérieures, et en laissant au milieu un espace égal au corps du papillon. Cela fait, on rabat l'autre côté de la feuille, de sorte que les ailes se trouvent prises entre les deux parties gommées, puis on met en presse entre un certain nombre de feuilles de papier de soie, jusqu'à dessication complète de la gomme, c'est-à-dire pendant quatre ou cinq heures. Au bout de ce temps, on retire de la presse,

on dessine au crayon le contour des ailes, on le découpe aux ciseaux, puis on écarte soigneusement les deux feuilles l'une de l'autre. Chacune d'elles porte l'empreinte d'une des faces des ailes, et entre les deux se trouve la membrane complétement dégarnie de ses écailles. C'est ce qu'on pourrait appeler l'épreuve négative, et pour avoir l'épreuve positive, il faut faire une contre-application : *l'impression au vernis.*

Pour cela, on enduit d'une légère couche de vernis la surface colorée de l'épreuve obtenue, sans laisser au vernis le temps de sécher; on l'applique sur une feuille de bristol ou de papier de Hollande et on met promptement sous presse.

L'impression au vernis terminée, il ne reste plus qu'à peindre à l'aquarelle le corps du papillon et à donner une couche de vernis si l'on veut la rendre complétement indélébile.

La lépidochromie n'est pas une chose toute nouvelle, puisqu'elle a été médaillée à une exposition d'insectes aux Tuileries; mais elle est encore peu connue, elle n'a pas à son apparition obtenu le succès d'engouement de la décalcomanie, de la potichomanie et d'autres « manies », tombées heureusement en désuétude; mais elle est appelée, croyons-nous, à un succès qui, s'il est moins rapide, sera plus durable. On peut également l'utiliser pour décorer des écrans, des sachets, des éventails, et même des vases en porcelaine. Nous en avons vus sur lesquels s'étalaient de grands paons de nuit du plus agréable effet.

On peut encore ajouter aux jouets instructifs les boîtes de modelage, de peinture sur porcelaine et les petites presses pour imprimer soi-même.

Les jouets et jeux scientifiques sont représentés en France par 8 maisons : ceux qui ont trait à l'électricité, à la chaleur, et aux propriétés des gaz, par MM. Combettes Haslé et Peiffer; ceux qui ont trait à l'hygrométrie, par M. Chambareaud; à l'optique, par MM. Lapierre, Block et Raynaud; à la chimie enfin, par MM. Peiffer et Watilliaux. M. Combettes fabrique spécialement des télégraphes de tous systèmes; M. Haslé offre à des prix relativement réduits et sous les formes classiques, de petites réductions de la plupart des appareils qui servent à démontrer les principaux phénomènes d'électricité. Une petite machine électrique est l'électrophore principal. M. Peiffer, sans rejeter la machine électrique qu'il construit comme M. Haslé et aux mêmes conditions, a songé, pour la commodité de l'enfant et pour ménager la bourse des parents, à créer un électrophore au moyen duquel on pût reproduire la plupart des expériences d'électricité statique. Avec cet électrophore, qui se compose simplement d'une plaque de caoutchouc durci sur laquelle est collée une petite plaque métallique, on peut, par le frottement, tirer des étincelles et charger une petite bouteille de Leyde d'une façon suffisante pour éclairer un tube de Geissler ou un carreau magique, pour faire fonctionner le carillon électrique et pour transmettre une commotion à plusieurs personnes faisant la chaîne. Électrophore (fig. 13), pendule à balle de sureau, électroscope, bouteille de Leyde (fig. 14), excitateur, carillon (fig. 15), appareil à produire l'hydrogène (fig. 16), pistolet de Volta, carreau magique (fig. 17), tubes de Geissler, tourniquet pyrophore, maisonnette de Franklin (fig. 18), tous ces appareils à l'aide desquels on peut faire un cours primaire d'électricité statique sont, quant à leur forme, autant de créations de M. Peiffer, créations qui lui permettent de pouvoir donner dans une boîte, un cabinet assez complet d'électricité statique au prix relativement minime de 60 francs.

M. Peiffer ne se borne pas à construire ces petits cabinets d'électricité que, pour notre part, nous voudrions voir dans toutes les écoles primaires de France, il construit encore de petites machines électriques à un ou deux conducteurs,

des bobines de Rumkorff de toutes dimensions, des piles de toute sorte, des boîtes de Galvanoplastie, des télégraphes, des machines pneumatiques avec leurs accessoires: hémisphères de Magdebourg, crève-vessie, pluie de mercure, tube de Newton, œuf électrique, etc.; mais tous ces appareils, bien qu'établis à des prix modérés, sortent de la catégorie des jouets pour entrer dans celle des cabinets de physique, et ne sont à la portée que de familles riches ou d'établissements qui ont acquis déjà une certaine importance.



Fig. 13.
Électrophore.

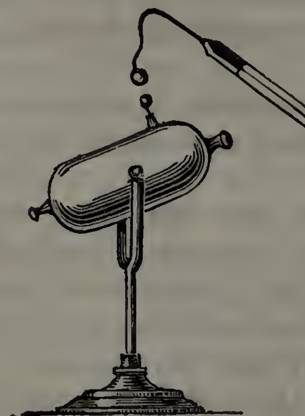


Fig. 14.
Bouteille de Leyde et pistolet de Volta.

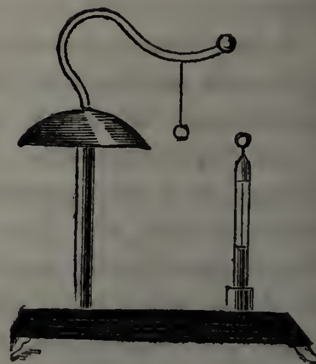


Fig. 15.
Carillon.

Nous ferons le même reproche à la plupart des machines à vapeur que construit M. Peiffer et qui ne laissent rien à désirer tant au point de vue des détails que de l'ensemble. Il est de ces petites machines verticales à double effet, destinées à transmettre le mouvement à un petit atelier de 3 à 4 machines outils,



Fig. 17.
Carreau magique.



Fig. 16.
Appareil à produire l'hydrogène.



Fig. 18.
Maisonnette de Franklin.

et auxquelles pas une pièce ne manque. A côté de la poulie fixe sur laquelle est enroulée la courroie de transmission, se trouve la poulie folle destinée à suspendre tout mouvement dans l'atelier sans arrêter la machine à vapeur; le mouvement rectiligne alternatif du piston et de la tige du piston est transformé en mouvement circulaire continu, comme dans les grandes machines, au moyen d'une bielle et d'une manivelle; l'arbre de couche est muni de ces deux excentriques, l'un qui fait marcher la pompe alimentaire, l'autre le tiroir, et il porte en outre à son milieu la petite roue dentée qui, s'engrenant avec l'autre petite roue dentée placée horizontalement et à laquelle est fixée le régulateur à force centrifuge, lui transmet le mouvement. Ajoutons qu'un ou deux bouilleurs

sont reliés au générateur, que celui-ci a son flotteur, sa soupape de sûreté, son sifflet d'alarme et l'on verra que les petites machines à vapeur, machines fixes, locomobiles, locomotives, etc., construites par M. Peiffer, sont appelées à rendre de grands services dans l'enseignement primaire et peuvent, peut-être mieux que de grandes machines, permettre à l'enfant de se rendre compte du système complet d'une machine à vapeur.

Nous ne quitterons pas M. Peiffer sans parler de ses fleurs dites *fulgores*, rendues lumineuses dans l'obscurité à l'aide d'une poudre d'un blanc grisâtre dont l'inventeur garde le secret, mais qui nous a semblé devoir être de la *pierre de Bologne* pulvérisée.

Ces fleurs, qui fournissent des amusements de salon, peuvent en outre être considérées comme jeux instructifs puisqu'elles font constater la propriété qu'ont certains corps, qui ne contiennent pas de phosphore, de produire des lueurs que l'on désigne sous le nom de *phosphorescences*, bien que ces lueurs ne paraissent pas dues à une oxydation particulière, mais plutôt à une prolongation de vibrations lumineuses dans ces corps, après qu'ils ont été soustraits à l'action de la lumière.

Nous en dirons autant pour les fleurs hygrométriques qui figurent dans la vitrine de M. Chambareaud à côté des fleurs fulgores, et qui doivent leur propriété de passer du rose au lilas et du lilas au bleu, suivant l'état de l'atmosphère, au chlorure de Cobalt qui, comme chacun sait, prend une teinte rose lorsqu'il est humide et revient à sa couleur naturelle, le bleu, lorsqu'il est sec.

Nous voici maintenant en présence de véritables jouets : les lanternes magiques perfectionnées de M. Lapierre (chromatoscopes, lampascopes, réflectoscopes), les dioramas également perfectionnés de M. Block, les merveilleux kaléidoscopes de M. Poudra et, la nouveauté du jour, le praxinoscope de M. Reynaud.

Basé sur une nouvelle combinaison de l'optique, le *praxinoscope* (de πραξις action, et σκοπειν, montrer) produit, comme le phénakisticope ou zootrope et d'autres appareils connus, l'illusion du mouvement.

Mais cette illusion est produite dans ce nouvel instrument par un moyen nouveau, dont les résultats sont plus complets que ceux qui avaient été obtenus jusqu'ici.

Dans tous les jouets d'optique de ce genre, l'illusion animée est obtenue par une succession de dessins représentant le même sujet dans les poses successives d'une action. Le rôle de l'appareil est de faire que toutes ces poses se succèdent devant les yeux du spectateur, de façon à tromper le regard (d'où vient le nom de phénakisticope) et à produire en apparence le mouvement.

Mais tandis que dans les anciens appareils, ce résultat est obtenu par le moyen de fentes étroites qui laissent apercevoir le dessin pendant un temps très-court, pour le cacher ensuite pendant un autre instant, dans le praxinoscope, la substitution des poses successives est obtenue à l'aide de glaces ou miroirs plans, *placés à égale distance entre le centre de rotation de l'appareil et les dessins* disposés en couronne autour.

De la sorte, les images virtuelles des dessins successifs se faisant toutes au centre de l'appareil, se superposent les unes aux autres, ce qui produit l'illusion la plus complète et la plus parfaite du mouvement.

Une description succincte fera aisément comprendre le mécanisme de cet appareil aussi amusant qu'ingénieux.

Soit une glace plane AB (fig. 19), placée à une certaine distance d'un dessin CD. L'image virtuelle sera vue en C′D′.

Autour du point O, milieu de C′D′, comme centre, faisons tourner le dessin et la glace d'un même mouvement.

Soient BE et DF leur nouvelle position ; l'image sera en C″D″. *Son axe* O *ne se sera pas déplacé.*

Dans la position AB et CD, primitivement occupée par la glace et par le dessin, plaçons une autre glace et un autre dessin. Imaginons l'œil placé en M; une moitié alors du premier dessin sera vue en OD″ et une moitié du second sera vue en OC′. Si à ce moment, nous continuons la rotation du système, nous aurons bientôt la glace n° 2 en TT′, le dessin n° 2 en SS′, et le dessin n° 2 sera vu en entier à cet instant en C‴D‴. Bientôt la glace n° 2 et son dessin seront parvenus en BE et DF, imaginons alors une autre glace n° 3 et son dessin en AB et CD, la même succession de phénomènes se reproduira.

Il résulte du principe décrit ci-dessus que : Une série de dessins placée sur le périmètre d'un polygone régulier et tournant ensemble autour du centre même de ce polygone, seront vus successivement à ce centre, si l'on a eu soin de placer des glaces sur un polygone concentrique dont l'apothème est moitié moindre et qui se trouve entraîné par le même mouvement que le premier polygone.

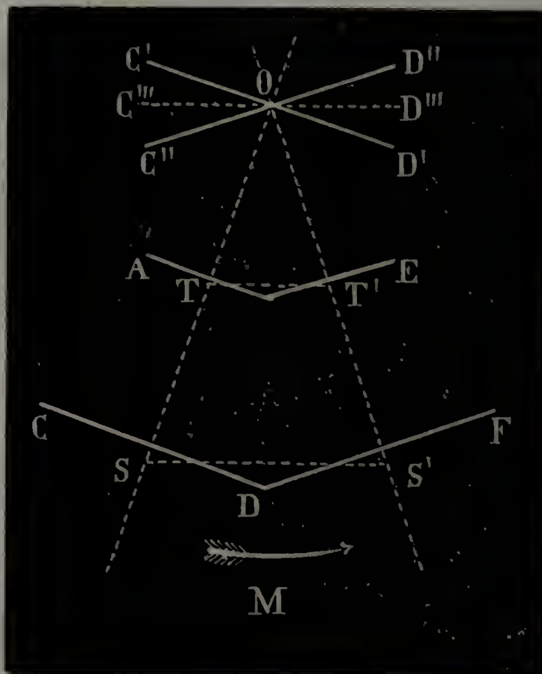


Fig. 19. — Glace plane.

L'illusion optique bien connue fera paraître ces images comme appartenant à un même dessin, et il sera facile ainsi de produire l'illusion *animée* en figurant sur les dessins les phases successives d'une action.

Grâce à cette combinaison nouvelle, la clarté et le coloris du dessin sont conservés, la lumière n'éprouvant pas dans le praxinoscope la réduction que produisent les appareils à fentes étroites; de plus. l'image étant continue au lieu d'être intermittente, comme dans les appareils à fentes, il n'est pas nécessaire de donner au praxinoscope une rotation très-rapide; aussi, obtient-on des mouvements beaucoup moins précipités, ce qui permet de représenter de véritables petites scènes avec beaucoup de naturel.

Le public de l'Exposition a admiré le jongleur, la petite fille qui lance des bulles de savon, les deux petits chiens qui sautent dans un cerceau ; mais tout cela n'était rien en comparaison de ce que M. Reynaud prépare en ce moment.

Nous commettrons l'indiscrétion de parler d'un dessin qu'on pourrait intituler : *plaisirs enfantins de l'hiver*. Les acteurs sont trois petits garçons qui se poursuivent incessamment. Pendant que l'un glisse sur la glace, le corps rejeté en arrière et le bras levé, celui qui a fini sa glissade franchit une borne comme au jeu de saute-mouton, et le troisième qui vient de sauter court pour regagner la glissade sur laquelle il s'élance à son tour.

Le praxinoscope est disposé de telle sorte qu'on peut placer au centre une lumière artificielle, une bougie par exemple, qui, le soir, éclairant uniformément toute la couronne de dessins, rend l'image animée visible de tous les côtés à la fois autour de l'appareil, ainsi que le représente la fig. 20. La seule précaution à prendre est de munir la bougie d'un abat-jour ou réflecteur, qui concentre la lumière sur les dessins et l'empêche de frapper directement les regards des spectateurs.

Si l'on ne veut pas avoir la peine de maintenir le praxinoscope en mouvement

à l'aide de la manette, on y adapte un petit moteur électrique qui se trouve complétement dissimulé sous l'appareil.

Le praxinoscope est appelé à devenir un rival puissant du stéréoscope, car il peut aussi bien servir à l'amusement des grandes personnes qu'à celui des enfants, et nous avons la certitude qu'il ne tardera pas à entrer dans tous les salons.



Fig. 20. — Le praxinoscope.

Nous dirons peu de chose des récréations que la chimie procure à la jeunesse, elles sont peu nombreuses, et l'accident de la rue Béranger n'est pas de nature à engager les commerçants à marcher sur les traces de M. Blanchon. Quoi qu'il en soit, les feux d'artifices japonais et les serpents de Pharaon, dont la production est due aux propriétés du sulfo-cyanure de mercure, conserveront encore longtemps leur vogue; les fulminates seuls seront abandonnés pendant quelque temps.

Ni les feux d'artifices, ni les serpents de Pharaon ne constituent à proprement parler des jeux instructifs de chimie, et si le nombre des récréations physiques est déjà assez grand, celui des récréations chimiques est encore très-restreint. Le jouet relatif à la chimie ne comprend en effet, quant à présent, que l'appareil à fabriquer l'hydrogène, au moyen de l'eau acidulée et du zinc, appareil construit par M. Peiffer pour fournir l'hydrogène pour le pistolet de Volta; et trois petites expériences basées sur les propriétés des sels et sur les réactifs, expériences réunies sous ce titre : *le petit chimiste du foyer* et éditées par M. Watilliaux.

Quant à ces trois expériences, elles ne peuvent être que médiocrement instructives, puisque la notice qui accompagne les appareils ne dit, ni la cause de l'effet produit, ni quelles sont les matières employées. N'ayant analysé ni le sel oxygénique, ni les réactifs de M. L.-H. de B..., l'auteur du petit chimiste du foyer, nous ne nous hasarderons pas, de peur d'erreur, à dévoiler le secret qu'il a cru devoir garder.

Étrangers. — *Angleterre.* — Nous n'avons remarqué qu'une vitrine de poupées, ce sont des bébés dont les têtes en mousseline moulée sont aussi fines que des têtes en carton ou en papier mâché, et ont l'avantage d'être incassables.

Trois maisons, parmi lesquelles la Compagnie des jouets scientifiques de Londres et la grande manufacture de MM. J. Hanks and son à Walthamstow, ont exposé un nombre d'autant plus grand de jouets scientifiques, ou instructifs, que les Anglais comprennent sous ce nom la plupart des tours de prestidigitation ou d'escamotage, comme le *Hat trick*, tour du chapeau, *The capital egg's trick*, tour de l'œuf. *The Vanishing mouse*, la souris qui disparaît, etc.

Nous retrouvons chez MM. Hanks and son, et à la Compagnie des jouets scientifiques, tous les petits instruments de physique que nous avons déjà vus en France, plus une grue construite sur le modèle de celles des chemins de fer, une grue à vapeur du genre de celle qu'on emploie pour monter les terres dans les grands travaux de terrassements, une pompe mue par la vapeur et une petite machine excavatrice. Ces jouets, bien qu'aussi parfaits de construction que les jouets français, sont peut-être moins élégants d'aspect, mais ils ont cette grande supériorité d'être d'un prix beaucoup moins élevé ; ainsi une locomotive longue de 20 inches, portée sur huit solides roues couplées et garnie de tous ses accessoires, ne coûte que 37 fr.

Un grand nombre de petites boîtes élégantes, renfermant tout ce qu'il faut pour une ou deux expériences, varient entre un et deux shellings, (1 fr. 25 et 2 fr. 50), prix accessibles à toutes les bourses d'enfants assez instruits pour prendre plaisir à ces amusements.

Les gyroscopes sont également nombreux et donnent lieu à toute sorte de fantaisies plus ou moins propres à charmer les hôtes de la nursery ; ici la toupie-gyroscope est dissimulée dans une figurine de nègre que chacun de ses tours disloque en postures grotesques, là c'est un marin qui remplace le nègre et plus loin le gyroscope se transforme en un jouet d'optique sous le nom de *chromoprismatic-top*.

La *toupie-caméléon* supporte des disques colorés, dont la rotation rapide forme des combinaisons de couleur extrêmement variées et agréables; c'est une des nouveautés du jouet anglais, ainsi que le *chromotrope* de main et le *miroir chromotrope*.

Le premier construit, dit M. Hanks, dans le but d'offrir sous une forme portative et à très-bon marché un jouet à la fois amusant et instructif, se compose de deux disques de carton superposés et séparés par un petit intervalle ; le disque supérieur est coupé de fentes étroites formant rayons et par lesquelles on aperçoit le disque inférieur recouvert d'un dessin coloré. On imprime à ce disque un mouvement de rotation plus ou moins rapide, et en regardant par les ouvertures du disque supérieur on voit le dessin et les combinaisons de couleur changer et varier.

Ce petit appareil reproduit en petit quelques-uns des effets de la lanterne magique et du kaléidoscope; il coûte 75 centimes.

Le *pédémascope* inventé par le révérend Richard Pelkington et hautement approuvé par le professeur Pepper, dit la notice, est comme le zootrope et les jouets de ce genre, destiné à produire l'illusion du mouvement; plus parfait que le zootrope, il est cependant encore loin de pouvoir rivaliser avec le praxinoscope.

Autriche. — En Bohême, une grande fabrique de la vallée de Grœden expose des objets en sapin sculptés. A côté des jouets si connus, bœufs, coqs, chevaux, bonshommes poussant des brouettes, balançoires, etc., nous avons remarqué des statuettes d'un grand fini d'exécution, dont nous ne parlons que parce qu'elles étaient dans la même vitrine que les jouets, car elles s'adressaient plutôt à celui de nos collaborataurs qui s'occupe des arts.

États-Unis. — Une grande association pour la fabrication des jouets en métal a exposé toutes les variétés possibles de jouets en fer-blanc, zinc et tôle vernie. M. Ivard, de New-York, installe de petits ateliers fort bien disposés dans lesquels une machine à vapeur met en mouvement plusieurs machines-outils. L'atelier complet, composé du moteur à vapeur, d'une machine à raboter, d'une machine à fraiser, de deux machines à percer et d'un tour, coûte 75 francs ; ce n'est pas d'un bon marché exorbitant, mais c'est encore beaucoup moins cher qu'en France.

Chine et Japon.—En Chine nous avons vu les jouets en papier, figures grotesques découpées et dont les membres rattachés au corps par des fils peuvent être mis en mouvement, parasols, papillons, puis toutes les variétés possibles de jouets en porcelaine rendus fort chers par les droits de douane. Le Japon avait au Trocadéro des joujoux bon marché, des toupies analogues à la toupie d'Allemagne et des poupées qui, quoique fort simples, atteignaient des prix élevés, les moins chères étant de 20 francs. Au Champ-de-Mars était la bimbeloterie élégante représentée par des figurines reproduisant des types du pays, et par la poupée de luxe aussi remarquable pour la fabrication que pour le costume, mais non cotée pour la vente, ce qui nous ôte tout terme de comparaison avec l'élégante poupée parisienne.

L'un des principaux marchés de bimbeloterie n'ayant pas exposé, puisque l'Allemagne s'est abstenue, nous ne saurions tirer de l'exposition de bimbeloterie des conclusions d'une exactitude rigoureuse. Nous pouvons toutefois constater ce fait important, que le jouet spécialement français s'est encore perfectionné, et que des fabriques ont été établies pour fournir à nos bimbelotiers certains articles dont l'Allemagne avait le monopole. Quant aux jouets anglais et anglo-américains, si nombreux, si variés, surtout dans la catégorie des jeux instructifs ou scientifiques, ils indiquent clairement que les enfants anglais vivent bien plus entre eux que les nôtres.

Tandis qu'en France les enfants au nombre de deux en moyenne par famille sont toujours avec les parents et que le jouet élégant doit pouvoir figurer dans le salon en Angleterre, la moyenne des enfants est de six par ménage, et on a coutume d'attribuer une chambre particulière, la nursery, à ce petit peuple remuant ; là ce n'est plus le papa ou le professeur qui manie les jouets scientifiques, ce sont les frères ou les sœurs aînés qui s'occupent d'amuser les babies pendant la soirée ; de là ce grand nombre de jouets d'optique, de tours d'escamotage, de petits objets en bois ou en métal à la portée des bourses d'enfants, propres à les amuser par leur variété même et facile à expliquer par les frères et sœurs qui ont déjà dépassé l'enfance pour entrer dans l'adolescence.

Il est à désirer que nos fabricants de jouets scientifiques, dont les petits appareils sont certainement les plus parfaits de ceux qu'il nous a été donné d'examiner à l'Exposition universelle de 1878, entrent dans la voie de la vulgarisation et cherchent les moyens d'abaisser leurs prix réellement trop élevés.

BURÉE.

L'ENSEIGNEMENT DU DESSIN

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

PAR

M. LÉON HORSIN-DÉON,

PEINTRE, PROFESSEUR DE DESSIN DANS LES ÉCOLES DE LA VILLE DE PARIS.

Le grand concours des Nations qui ont envoyé les spécimens de leurs travaux à l'Exposition universelle doit être plus qu'une curiosité, nous devons en dégager un enseignement et un profit. Pour nous qui nous intéressons spécialement à l'instruction — et dans l'instruction du dessin — nous avons recherché avec soin tout ce qui est exposé à ce sujet dans notre pays et à l'étranger, nous avons voulu nous rendre compte de ce qu'il y a de raisonnable dans les opinions de ceux qui nous portent aux nues, ou qui nous dénigrent. Après une longue et laborieuse étude, nous demeurons convaincu de notre incontestable supériorité sur la plupart des points, tout en reconnaissant qu'il nous reste de grands progrès à accomplir et de bons exemples à suivre.

Le développement n'est pas parallèle dans tous les pays; depuis les Expositions universelles, les peuples ont compris combien l'instruction artistique est nécessaire à la perfection industrielle, et non-seulement les gouvernements, mais les municipalités, les centres ouvriers, tous ouvrent des cours de dessin, inventent des moyens, des méthodes, qui les conduisent à des résultats différents. C'est l'étude de ces efforts que nous essaierons de faire ici en cherchant quel parti on peut en tirer pour le progrès et la richesse nationale.

LE DESSIN DANS LES SALLES D'ASILE.

Dans les salles d'asile qui prennent l'enfant presque au berceau et le conservent jusqu'à l'âge de six ans, il n'y a pas à songer sérieusement au dessin; cependant il est incontestable que les enfants, qui ont des dispositions spéciales, commencent à dessiner dès qu'ils peuvent tenir un crayon, que tous aiment les images et s'amusent plus ou moins à les calquer ou à les colorier. Les *programmes d'organisation pédagogique* du département de la Seine prescrivaient, en 1855, dans les salles d'asile les tracés géométriques simples et les petits dessins au trait. Mais il ne s'est pas encore publié de méthode répondant à cet enseignement, et les maîtresses, qui le veulent bien, tracent elles-mêmes au tableau noir : un banc, une chaise, un berceau, et les font copier sur l'ardoise aux enfants. Cet exercice leur plaît.

La méthode d'occupation employée presque universellement pour les salles d'asile dans la Belgique, les États-Unis, l'Allemagne, l'Italie, l'Autriche, etc., c'est la *méthode Froebel* dite le *Jardin des Enfants*. Cette méthode est exposée en grand détail dans la section autrichienne; nous voyons d'abord de petits cubes de bois pour construire des maisons, des portes, des arcades, etc. — Des bandes

de papier de couleur que les enfants tressent de mille façons différentes pour faire divers damiers. —Des triangles de bois colorés que l'on assemble devant soi pour former des maisons, des clochers, des figures qui ont un peu l'aspect de casse-tête chinois. — Des papiers que l'on ploie en chapeau de gendarme, en salières, en bateau, en panier à âne, en cocote, en galliote. — De petites baguettes de bois flexibles qu'on entrelace pour faire des rosaces et des tresses variées. — Des dessins sur papier quadrillé où l'enfant n'a qu'à suivre les lignes pour copier son modèle. — Du papier blanc destiné à être brodé avec des fils de couleur. — De petites baguettes de différentes longueurs et de différentes couleurs pour former des dessins, des maisons, des bonshommes. — De petites boules percées que les enfants assemblent avec du fil de métal pour former des voitures, des paniers, etc. — Enfin des modelages d'argile représentant des fruits, des champignons, des objets de forme simple bien connus de tous.

Ces occupations nous paraissent propres à développer l'intelligence des enfants et pouvoir s'augmenter à l'infini de tous les ouvrages des doigts sans entraîner les écoles à des dépenses sensibles. Cependant la méthode a des partisans et des adversaires, ceux-ci prétendent que l'enfant ne peut être astreint à un travail régulier et logique parce que ce n'est pas dans sa nature, de même que pour les *leçons de choses*, ils disent que c'est une erreur de questionner les enfants parce que naturellement ils sont portés à questionner et jamais à répondre, que les méthodes peuvent arrêter le développement normal des facultés.

Mme Pape-Carpentier, dont l'exposition est voilée de noir en signe de deuil national, avait voulu trouver le milieu entre la méthode et l'état naturel : c'est elle qui a organisé nos salles d'asile où les enfants sont occupés à de petits exercices corporels ou à chanter. Ils sont dédaignés par les méthodistes étrangers, et vénérés des mères de famille; nous avouons avoir plus confiance en ces dernières; cependant nos enfants pourraient facilement, ce nous semble, être occupés plus utilement.

Le dessin, comme le chant, trouve facilement sa place dans les salles d'asile : nous voyons en Italie un album intitulé *Bambini*, rempli de petites maisons et autres dessins de lignes droites sur papier quadrillé qui sont fort bien réussis.

M. Guillemin, directeur de l'École normale annexe d'Auxerre (Yonne), dresse de tout petits enfants à dessiner également des objets usuels, mais sans papier quadrillé, et ils apprennent fort bien à juger d'une distance ou de la régularité d'une ligne. Espérons que bientôt sa méthode sera publiée et pourra être étudiée avec fruit.

La maison Monrocq expose un carnet de petites gravures à décalquer; et en Amérique, M. Walter Smith, des ardoises entourées sur les quatre côtés de modèles très-faciles.

Mais il nous semble qu'il y a une manière plus élevée d'envisager la question. M. Buisson, dans sa belle conférence aux instituteurs délégués à l'Exposition universelle, parlait des *leçons de choses* et indiquait l'utilité qu'on pouvait en tirer pour apprendre aux petits enfants à regarder, à observer et à bien voir : si on habitue l'esprit à l'observation et à une perception nette des formes, à juger de l'épaisseur ou de la longueur, à sentir la différence de forme d'une pomme, d'une poire, d'une prune, d'une feuille de chêne ou de peuplier, c'est déjà une préparation au dessin, et la meilleure peut-être qu'on puisse trouver. En effet, après cet exercice, l'enfant arrivera vite à dessiner une poire différente d'une cerise, une pâquerette différente d'une pensée; et cette application à des formes sensibles nous paraît plus à sa portée que les signes géométriques dont il ne saisirait pas du premier coup l'utilité, par conséquent qui l'ennuieraient.

LE DESSIN DANS LES ÉCOLES PRIMAIRES EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER. — ÉCOLES NORMALES PRIMAIRES, LYCÉES ET COLLEGES.

Le dessin dans les écoles primaires est dans une phase d'organisation. Depuis quelques années nous nous inspirons souvent des méthodes usitées à l'étranger. Commençons donc par étudier ce qui se fait chez nos voisins, nous reviendrons ensuite avec connaissance de cause aux méthodes adoptées dans notre pays.

Entrons dans l'exposition de la Belgique, qui occupe un pavillon considérable : nous sommes frappé par la vue d'une grande inscription : *L'enseignement est libre, toute mesure préventive est interdite, la répression des délits n'est exercée que par la loi ;* aussi rencontrons-nous dans ce pays les enseignements les plus opposés, et toutes les fantaisies de l'initiative privée, surtout dans les cours supérieurs.

Le matériel scolaire est exposé dans des classes modèles où nous remarquons de grands solides en carton et en papier, qui ont peu mérité leur nom car ils sont tout déformés, mais leur grande dimension doit frapper l'intelligence des élèves; pour que ceux-ci comprennent encore mieux on leur en fait fabriquer avec du papier sur lequel les bords des solides et les plis de construction sont marqués.

Le nombre et la variété des solides employés sont très-considérables; le professeur, en les groupant, trouve l'occasion de leçons de perspective, de projection des ombres et d'effet; il en groupe 8 ou 10 ensemble, et les élèves copient. En général ces dessins sont peu exécutés, chargés de noir, sans propreté; cette méthode doit être une initiation à la perspective et à la profondeur, poussée plus loin elle ne nous paraît pas développer chez les enfants le bon goût, ni l'envie de dessiner.

La spécialité du pays sont des solides en fer-blanc peint, revêtus d'arrêtes en fil de fer de façon qu'on puisse juger plus facilement de la forme du solide en perspective. Il y a deux fabricants, MM. Stroesser et Édouard Van Marcke ; mais ils ont fait leurs solides trop en vue du bon marché sans obtenir la netteté et la précision de ceux que M. Suzanne fabrique à Paris. Ceux-ci se distinguent des solides belges en ce que les arrêtes servent de charpente, qu'on recouvre d'une enveloppe en carton très-ingénieusement disposée donnant à la fois la construction et la forme des solides.

M. Stroesser a inventé aussi de petits appareils pour faire comprendre la perspective aux enfants : les rayons visuels sont formés par des fils qui traversent le tableau, figuré par une lame transparente, de façon à réunir dans un seul modèle et à rendre sensibles toutes les définitions un peu abstraites.

M. Van Marcke expose de grands dessins de lignes droites, de courbes régulières à mettre au tableau. M. Feuillen Licot (Nivelles) un autre cours conçu dans le même sens et très-complet ; enfin M. Hendrickx présente sa méthode de dessin exécutée au tableau noir à la craie, intitulée : *Enseignement du dessin à main au tableau.* Ce genre d'enseignement que nous retrouverons en Danemarck (méthode Henri Janniche), en Amérique (Walter Smith), en France (les Frères), nous intéresse personnellement, et depuis longtemps nous avons éprouvé son excellence dans nos classes : nous prenons un enfant des plus intelligents pour exécuter le dessin au tableau, les autres suivent l'exercice sur l'ardoise ou sur le papier, on leur dicte ligne par ligne tout ce qu'ils doivent faire en ayant

soin de s'assurer si tous les travaux de la classe sont corrects, légèrement dessinés, et de faire recommencer toutes les lignes mauvaises; il est curieux de voir de tout jeunes enfants arriver ainsi du premier coup à rendre des formes assez difficiles, et éviter tous les tâtonnements et la perte de temps inévitable avec les autres méthodes. C'est ce que nous appelons le DESSIN DICTÉ.

Les cours de MM. Van Marcke et Feuillen Licot sont destinés à être copiés sur des ardoises ou des papiers portant des points de distance en distance pour indiquer la direction des droites; d'autres cours, à Paris, comme celui de M. Darchez (librairie Bélin) comportent même des papiers quadrillés, mais nous pensons qu'il convient mieux de laisser les élèves apprendre à faire une horizontale ou une verticale à vue: ils suivent difficilement une ligne tracée à l'avance qui ne leur apprend rien, tandis que beaucoup font à main levée des droites si correctes qu'il faut les leur faire recommencer pour être certain qu'ils ne se sont pas servis de règles.

La Belgique est un pays très-avancé comme mise en pratique des théories. A l'*École professionnelle des demoiselles* de Liége, l'enseignement est admirablement conduit. On commence par les exercices du *Jardin des Enfants* (méthode Froebel), puis, pour habituer les élèves à faire des droites et des courbes, on leur fait lever le plan de la classe, du jardin, etc., dessiner les modèles au trait de la méthode Feuillen Licot, des lettres de forme romaine, exercice excellent qui force les élèves à la régularité et à ménager la place de façon que le dessin tienne dans un espace donné. Ensuite vient l'étude des solides et de la perspective; les paysages au fusain d'après Allongé ou autres pour apprendre l'effet et la coloration; les fleurs tour à tour d'après le modèle graphié ou la nature, enfin le dessin d'ornement d'après la bosse, et l'application de toutes les connaissances acquises à la décoration d'assiettes, d'éventails, etc. L'ensemble des cours est complet. Nous estimons que l'âge des élèves ne doit pas dépasser 15 à 16 ans.

Ce système est évidemment préférable à celui de l'*École industrielle de Liége*, qui ne présente que des assemblages de solides très-compliqués et seulement dessinés au trait; dans l'*Orphelinat* de la même ville, les élèves font beaucoup de solides ombrés, mais aussi des objets d'après nature, ainsi un chapeau sur une chaise, une carafe et son verre, etc ; tout de suite l'idée du dessin utile est éveillée et l'enfant apprend plus rapidement à bien dessiner d'après le plâtre, mais quand on n'a pas du tout étudié d'après la gravure, la facture, qui est le côté flatteur du travail, n'est jamais soignée.

La ville de Bruxelles est représentée par une série d'expositions de valeur diverse; nous remarquons à l'*École moyenne libre* des dessins de commençants faits directement d'après nature, et surtout un vase orné d'une branche de lierre, ce qui nous paraît un moyen plus ingénieux d'enseigner l'arrangement et la composition que la reproduction des fragments d'architecture.

Il faut remarquer, comme curiosité locale, l'album de souvenirs pieux du Pensionnat des sœurs de la Présentation à Saint-Nicolas, où les modèles sont des images de livres de messe; passons. Nous arrivons à une nombreuse série d'albums présentés par les différents établissements congréganistes. Ces cours ne sont pas comme ceux des Frères à Paris : tous les cours, toutes les méthodes y sont représentés sans ordre et sans goût particulier; on n'y trouve pas cette facture étonnante, ni cette variété dans l'instruction qui distingue nos maisons religieuses, les dessins de perspective, les projections, les assemblages de menuiserie seuls sont fort remarquables.

En résumé, en Belgique, on travaille beaucoup la question d'instruction primaire, mais quoique poussée plus loin que dans les autres pays elle n'est pas encore arrivée à son complet développement.

Dans les Pays-Bas, la ville d'Amsterdam envoie seulement deux cartons de dessins d'école. On est frappé de la façon rapide dont ils sont exécutés sans s'appesantir sur la facture, ce sont des formes seulement massées; comme dans la plupart des autres pays, nous voyons des dessins géométriques, des vases, des têtes d'après le cours Goupil, mais ce qu'il y a de particulier ce sont de nombreuses aquarelles de coquillages. Nous trouvons beaucoup de nations où l'on joint le dessin colorié au dessin au crayon comme complément nécessaire.

Dans le Danemarck, l'*École commerciale,* division des garçons, de Copenhague et les *Écoles communales* de la même ville sont exercées par la méthode Henri Janniche. Cette méthode est exposée dans un ouvrage intitulé l'*Usage de l'enseignement des éléments du dessin.* Elle exerce les élèves à faire des droites et à en former des objets usuels à main levée. Il y a de grands dessins à mettre au tableau pour que la classe les copie; à vrai dire, ces modèles sont d'un aspect un peu gauche, l'élégance et le charme font défaut, mais la méthode est la plus rationelle et la plus pratique qu'on puisse désirer; les élèves arrivent à exécuter au trait des dessins d'une grande pureté dans le goût gréco-danois du sculpteur Thorvaldsen. Nous regrettons de ne pas voir le dessin poussé plus loin et exécuté d'après nature, ce qui à notre sens est la sanction de tous les systèmes.

Dans les écoles de Suède et de Norwége nous retrouvons les tableaux de M. Janniche.

En Russie, malgré les efforts de l'administration, les écoles communales n'ont pu donner de résultats. Cependant l'exposition russe est intéressante parce qu'elle a envoyé une partie des collections du *Musée Pédagogique* formé à Saint-Pétersbourg. On parle depuis plusieurs années de former en France un musée analogue qui serait évidemmeut très-précieux pour les travailleurs.

Le musée pédagogique, dit une petite brochure distribuée à l'Exposition, a pour obligation : 1° de réunir tous les renseignements possibles sur la production du matériel d'enseignement en Russie et à l'étranger, et de présenter, à chaque moment donné, un choix aussi complet que possible de modèles de provenance russe et étrangère servant à l'instruction et à l'éducation, afin de faciliter aux établissements d'éducation le choix du matériol qui convient le mieux à leurs besoins particuliers;

2° De soumettre les modèles qu'il a rassemblés à un examen spécial et à l'essai, de déterminer leur valeur relative et la meilleure application qu'on en pourrait faire pour l'enseignement, et, dans les cas indispensables, de les perfectionner;

3° De concourir et d'aider au développement de la production locale du matériel d'enseignement à bon marché;

4° D'aider à la propagation des connaissances spéciales et d'instruction générale, au moyen des collections qu'il rassemble.

Le musée a été formé en 1865; ce n'est qu'à la fin de 1870 qu'il acquit une véritable importance par les achats faits dans les différentes expositions locales et internationales, par l'abonnement aux revues périodiques, par la grande réunion des prix courants, d'annonces de fabricants, enfin par la réunion de 1200 volumes d'ouvrages pédagogiques. L'usage de ces collections est facilité par un catalogue très-détaillé, donnant la provenance, le prix, l'utilité de chaque objet et les résultats qui s'y rapportent. Ce musée est donc parfaitement organisé. Pour l'instruction primaire, nous y remarquons toutes les espèces de solides et en particulier des solides à arrêtes en bois, un peu lourds; de nombreux cadres, croix, triangles, ellipses, ovales, etc., formés de petites planches minces qu'on peut entrelacer et qui démontrent fort bien à une classe les effets de la perspective; puis une quantité d'objets grossis dont les formes s'imposent plus facilement à l'attention des élèves, enfin l'usage très-étendu de la lanterne magique pour la

démonstration; les projections brillantes de ce joujou ont toujours un grand attrait pour les enfants et l'on en peut évidemment tirer parti dans bien des cas. Tels sont les objets qui nous frappent, les autres sont connus de tout le monde.

Les écoles de Silésie ont adopté les modèles français, leurs dessins sont d'une exécution large et bien dans les masses, on pourrait croire que cette exposition est française si l'on n'y trouvait quelques reproductions d'objets polonais du xviiie siècle.

L'Autriche nous occupera dans un autre chapitre lorsque nous parlerons des cours d'adultes.

En Italie, nous trouvons les *Écoles municipales de Turin*, qui méritent une grande attention. Les élèves débutent par l'étude des lignes, les solides, la perspective, puis les fleurs au trait et ombrées d'après l'estampe, de façon qu'ils sachent à la fois comprendre une profondeur et crayonner convenablement, avant de dessiner le relief. Enfin, ils sont habitués à dessiner des objets usuels d'après nature, d'abord isolés ensuite groupés, mais seulement des croquis terminés à la mine de plomb, exécutés selon la nature de l'objet, soit sur papier blanc, soit à l'échelle sur des papiers quadrillés. On ne peut désirer un enseignement plus pratique et où les élèves soient menés plus loin, d'ailleurs il y a beaucoup d'analogie avec l'école des jeunes filles de Liége.

A l'*Ecole technique provinciale de Padoue*, les commençants suivent d'abord les méthodes américaines, dont nous parlerons tout à l'heure; puis ils exécutent des parquetages, des mosaïques de bois régulières, qui donnent à la fois des droites et des angles bien corrects et des teintes plates bien crayonnées; on les exerce ensuite à copier des bois découpés, présentant les courbes les plus capricieuses; puis viennent les solides, la perspective, les ombres portées; enfin des vases, des bas-reliefs et différents objets assemblés. Les dessins obtenus sont superbes, mais probablement les élèves doivent être assez âgés, car le développement de ce cours nous paraît demander trois ou quatre années d'études suivies, peut-être commencent-ils très-jeunes.

A Venise, dans la *Scuola tecnica San Felice*, nous trouvons les études méthodiques du système américain, les solides à arrêtes Stroesser, les plâtres de la rue Oudinot, et des dessins très-finement exécutés qui ne rappellent en rien les vieilles traditions si larges et si puissantes de Véronèse ou de Titien. Les autres villes d'Italie sont représentées par le dessin industriel que nous étudierons plus tard; de même en Suisse.

En Espagne, on s'est peu occupé de l'exposition de l'instruction du dessin, nous ne trouvons qu'un seul album sur lequel on lit: *École normale supérieure de Barcelone*. Il renferme des dessins au trait remarquablement fermes et corrects, un cours bien gradué se complétant par la perspective et les projections.

Dans l'exposition du Portugal, nous remarquons les photographies et les travaux d'une école d'orphelins, installée avec un luxe étonnant dans quelque vieux château abbatial, c'est la *Casa pia*. L'album de cette école représente seul l'étude du dessin en Portugal : il est faible. Les dessins sont faits sur papier quadrillé. En Espagne et en Portugal, il y a une série de modèles spéciaux d'après les boiseries sculptées du xviiie siècle, représentant des trophées de mitres, de crosses, d'encensoirs fumant, et autres insignes sacerdotaux, il nous paraît que la moindre feuille des bois serait plus instructive que ces pompeux assemblages.

L'Angleterre n'a pas représenté l'enseignement primaire, nous avons visité quelques écoles à Londres, et nous ne croyons pas qu'elles puissent fournir des remarques utiles sur ce sujet.

Traversons l'Océan, et allons aux États-Unis, où l'enseignement supé-

rieur étant peu développé, tous les efforts se portent sur l'enseignement primaire et attirent spécialement, par leur originalité, l'attention du monde en ce moment.

L'*exposition collective de l'Éducation aux États-Unis* doit certainement compter parmi les plus intéressantes : C'est le pays des innovations et des surprises, des idées originales et utiles; on sent qu'il n'y a pas de tradition, pas de routine, toute idée neuve y est adoptée facilement si elle semble bonne ; aussi trouvons-nous les méthodes les plus opposées également en vigueur.

La ville de Cincinnati envoie des volumes de dessins encadrés de noir et d'or, richement reliés; nous y remarquons tout d'abord l'excellente méthode du dessin dicté, depuis les timides essais de lignes droites faits par les enfants, jusqu'aux combinaisons des formes les plus compliquées; toutes sont exécutées avec cette propreté, cette sûreté de main qui est le résultat nécessaire de ce genre d'enseignement; ensuite, la perspective, les solides sur fond enluminé (pourquoi ?) et rehaussés de blanc; il y a, comme en Belgique, des solides assemblés de formes les plus diverses. Le cours se continue par des dessins de feuilles et de fleurs de convention : les Américains comme les Anglais, torturent les formes pour les rendre décoratives, ils changent celles qui ne sont pas assez symétriques, et les combinent d'une façon tout à fait imaginaire. Lorsque les élèves ont été exercés à ces dessins au trait, fort bien exécutés d'ailleurs, ils les enluminent de couleurs de fantaisie : les feuilles sont bleues ou rouges, les fleurs vertes ou noires, peu importe pourvu qu'ils arrivent à certains effets qu'ils aiment, qu'ils ont vus depuis leur enfance et qui constituent le *style américain*. Ces dessins sont souvent très-ingénieux et nos décorateurs s'en inspirent volontiers pour varier les motifs d'ornement; ils sont excellents comme accessoires, mais ils ne nous paraissent pas pouvoir servir avantageusement comme point de départ à toute une école.

Une chose très-singulière, c'est que les mêmes dessins sont exécutés au trait, en blanc, en vert et en rouge sur du papier noir.

L'enseignement supérieur comprend non pas le dessin d'après le plâtre, mais l'aquarelle d'après nature; la couleur en est assez belle, mais la facture minutieuse et timide.

Dans le Massachusets, à Boston, l'enseignement a été organisé en 1873 par un professeur anglais, élève de l'école de South Kensingthon, M. Walter Schmith, dont l'enseignement est des mieux compris. Il était très-difficile d'établir des cours de dessin alors que les écoles manquaient de professeurs spéciaux et que les modèles utiles n'existaient même pas en Amérique. M. Walter Schmith a utilisé alors le *dessin dicté* en commençant par les notions élémentaires des lignes et des arcs, des angles et des rectangles bien connues des maîtres d'école, et par un procédé ingénieux il les réunit de façon à former des ensembles très-simples d'abord, puis compliqués progressivement jusqu'aux combinaisons les plus difficiles.

M. Walter Schmith présente à l'Exposition sa méthode complète : pour les enfants très-jeunes, il a des ardoises entourées de petits dessins collés sur les cadres, les cadres de bois sont garnis de feutre pour garantir le poignet.

Pour les professeurs, il a des méthodes diverses, des lectures sur le dessin, un livre d'esthétique, un autre intitulé : *Parallèle de l'histoire de l'ornement;* un cours d'ornement, publié avec un luxe magnifique.

Pour les élèves, il a des recueils de grands modèles pour suspendre au tableau, une quantité de petits albums avec le dessin d'un côté et la page blanche de l'autre pour copier.

La perspective et les solides jouent un rôle important dans cet enseignement, l'exposition renferme un grand nombre de ces objets en bois d'acajou, quelques-

uns ne sont construits qu'avec des tringles de bois peu épaisses, afin de mieux juger de la profondeur.

Enfin, nous trouvons un traité d'aquarelle, qui est le complément obligé de l'enseignement du dessin en Amérique.

Les modèles de M. Walter Schmith sont d'un goût plus pur que ceux de Cincinnati, mais nous regrettons vivement qu'il n'ait pas envoyé les travaux de ses élèves comme sanction de sa méthode.

Les *Écoles de New-York*, *Cooper Union* présentent un aspect absolument opposé, nous trouvons là les modèles français, le *Cours progressif d'ornement* et autres, copiés avec des hachures d'un fini extraordinaire.

En opposition, l'*École de Washington* envoie des dessins exécutés par les nègres du district de Colombie, qui sont au trait seulement. On commence toujours par des droites, des losanges, qui se compliquent à l'infini, de façon à produire des ensembles d'une exactitude admirable. Au premier coup d'œil on croit voir des dessins de broderie dans un journal de modes, sans en excepter les plus compliqués.

Les idiots, les aveugles, les sourds-muets et aveugles ont leur exposition spéciale dans ce curieux petit pavillon de l'instruction aux États-Unis.

Les royaumes ou républiques du Nouveau-Monde n'ont rien envoyé comme instruction publique. Nous n'avons plus qu'à visiter le Japon, mais il est intéressant entre tous.

A l'entrée de l'exposition pédagogique, nous voyons un écorché en carton qui se démonte pour montrer les muscles; et un petit squelette en ivoire qui nous paraît le plus ingénieux du monde, car, maintenant que les lycées français doivent apprendre l'ostéologie, il est difficile de se rendre compte dans un livre du véritable emplacement des os, et il n'est pas possible d'avoir dans les classes un squelette véritable, ce petit modèle nous paraît donc la solution d'un problème actuel.

L'étude du dessin, au Japon, est représentée par trois ou quatre cahiers : les commençants sont exercés avec des lignes droites, des angles, des parquetages sur papier quadrillé, puis ils passent directement à dessiner des objets usuels de forme simple d'après nature, d'abord isolés, ensuite groupés ; (les Japonais connaissent peu ou point la perspective) ce n'est qu'après s'être exercés d'après nature qu'ils prennent la gravure pour représenter des paysages : une balustrade avec un petit arbre, une maison, un lointain. Maîtres et élèves dessinent avec des traits épais, et cette espèce de maladresse naïve, qui est propre aux Japonais, ne manque pas de charme. Après la gravure, les élèves dessinent les mêmes paysages d'après nature; enfin ils copient à l'aquarelle : d'abord de simples roseaux, des fleurs de formes accusées, des poissons, des coquillages; ils sont dressés à rendre du premier coup tous ces objets avec une grande légèreté de main, sans salir les tons, et leurs albums d'aquarelles reflètent tout le charme de la flore et de la faune de leur pays. N'ont-ils pas atteint un but plus élevé même que les écoles de Turin et de Liége, dont nous avons parlé?

Nous avons terminé l'examen des écoles primaires à l'étranger; entrons dans le *pavillon de la ville de Paris*, nous retrouverons avec plaisir les dessins exécutés par nos enfants d'après des plâtres isolés ou groupés avec des solides. En France, il n'y a point de parti pris : la ville donne de beaux modèles, choisit des professeurs parmi les artistes et attend le résultat : chaque professeur conduit ses élèves selon son sentiment, qui est généralement celui de l'École des Beaux-Arts; les dessins sont d'accord avec le bon goût et la grande manière, ils n'ont ni l'extrême finesse italienne, ni la largeur excessive des Belges, ni la maigreur américaine; ils sont ce que doivent produire des enfants de 12 à 13 ans,

qui, en perfectionnant les premiers principes reçus, deviendront des hommes de talent dans l'art industriel. Un tel enseignement convient bien à l'honneur national, Il faut avouer que nous ne faisons pas assez de croquis, si nécessaires pourtant, et point du tout d'aquarelle, peu de composition et de levée de plans, mais, dans les cours supérieurs, cette lacune est comblée en partie.

Les Frères des écoles chrétiennes ont puissamment contribué aux bons résultats de l'enseignement du dessin dans les écoles primaires ; M. Buisson, dans son rapport de l'enseignement primaire à l'Exposition universelle de Vienne (1873), faisait parfaitement ressortir les côtés avantageux de leurs méthodes.

« C'est par la méthode simultanée que les Frères sont arrivés à élever le niveau » de l'enseignement, à en régulariser la marche, à en faire profiter enfin la » masse, et non plus seulement l'élite des élèves. De grandes feuilles murales » donnent un modèle commun à toute la classe ; l'explication par le maître est » faite pour tous. A la plupart des modèles correspond un relief rendant facile la » comparaison de l'objet dessiné à l'objet en nature. Enfin, un cahier qu'a chaque » élève lui donne le croquis coté de tous les modèles qu'il devra traiter. Ce der- » nier secours les initie de bonne heure à une pratique qu'ils retrouveront cons- » tamment dans l'atelier, et il ne peut avoir l'inconvénient de faciliter la copie » mécanique puisqu'il faut toujours changer l'échelle, souvent chercher quelle » sera l'échelle convenable et interpréter de soi-même, par l'œil d'abord, par la » main ensuite, le problème de la construction des figures. L'enseignement dans » les écoles d'enfants a un caractère essentiellement général : c'est l'éducation » des facultés plutôt que l'habileté technique d'exécution que l'on a en vue. »

Nous devons ajouter que l'habileté ne leur manque pas, c'est même un des côtés saillants de leurs dessins, par l'usage du crayon lithographique qui ne peut s'effacer, ils habituent les enfants à faire le mieux qu'ils peuvent du premier coup, et ils leur font acquérir vite de la régularité et du soin.

Les Frères jouissent d'une grande liberté dans leur enseignement, ils sont nombreux et disciplinés, toute idée bonne ils s'en emparent, et elle devient de suite commune à tous, ils sont assez riches pour remplir leurs écoles de modèles spéciaux qu'ils fabriquent et dont ils fournissent même les autres écoles. Rien ne saurait être plus utile dans l'enseignement que l'émulation qui existe entre eux et les laïques, et par laquelle on obtient des résultats qu'aucun sacrifice de l'Administration ne pourrait obtenir.

Les meilleurs élèves des écoles communales continuent leurs études dans les *Écoles primaires supérieures : Chaptal, Turgot, Colbert* et *Lavoisier;* ces écoles exposent seulement des dessins d'après l'estampe, qui sont très-bien, mais comment les Écoles supérieures ont-t-elles des modèles plus élémentaires que les autres ?

Nous n'avons point l'extrême liberté des Belges et des Américains, mais l'Administration supérieure est soucieuse de protéger les idées originales et nouvelles. C'est ainsi qu'à l'*École communale de la rue Tournefort*, les élèves sont exercés au dessin, au modelage d'après la gravure, au moulage et à la sculpture sur bois, sans compter les travaux de parquetage, de menuiserie et de serrurerie ; sans nuire pour cela à leurs études classiques, ce qui nous paraît un prodige de bonne organisation, qui fait le plus grand honneur à son directeur, M. Laubier.

A l'*École de Neuilly et de Levallois-Perret*, les élèves sont formés par le modelage : dès la première leçon, ils exécutent de petits vases en relief, les modèles sont d'une curieuse variété, parfois d'un goût douteux, mais amusants, propres à stimuler l'intelligence des commençants, et les résultats obtenus sont surprenants.

Dans le reste de la France, une seule école a particulièrement attiré notre attention, c'est l'*École de Lamartinière*, à Lyon, pour l'enseignement commercial. Chaque élève a une ardoise munie d'un manche, et suit l'enseignement donné au tableau. Lorsque la leçon est finie, chaque élève présente son ardoise devant lui, de façon que d'un seul coup d'œil le professeur voit si la leçon a été suivie partout. Pour faire comprendre les formes en profondeur et la dégradation perspective des lignes, on fait copier des solides dont les arrêtes seules sont indiquées par du fil de métal, ce qui est en usage dans cette école depuis un demi-siècle ; mais les dessins exposés se rapportent plutôt au dessin géométrique qu'au dessin d'art.

En général, dans les écoles primaires des départements, où il est impossible d'avoir des professeurs spéciaux, le dessin n'a pas encore été organisé. Les 700 cartons de dessins envoyés à l'Exposition par les départements proviennent en grande partie des écoles tenues dans les villes par les Frères; les pensionnats envoient de beaux petits dessins qui rappellent les compliments de nouvelle année; les écoles communales, des essais de lavis et des dessins assez primitifs. Ce n'est pas la faute des Instituteurs, le plus grand nombre s'efforcent d'apprendre à dessiner à leurs enfants, mais ils ne savent pas eux-mêmes, les fonds manquent pour acheter le matériel utile, et, jusqu'à ces derniers temps, on ne s'était pas encore occupé sérieusement de cette question. Cependant les éditeurs qui y trouvent le débouché d'une foule de publications à bon marché, s'ingénient à publier de bons cours élémentaires.

La maison Hachette publie des *Cahiers d'enseignement pratique du dessin* par Carot, avec une place blanche à côté du modèle pour copier ; elle publie aussi de beaux solides de bois, en usage dans toutes les écoles communales de la Seine.

La librairie Ch. Fouraut publie les cahiers de la *Méthode Cassagne*, comprenant tout ce qui se rapporte au dessin : têtes, ensembles, sujets, paysages, aquarelle, perspective ; c'est une collection très-remarquable, mais qui n'est pas accessible aux toutes petites bourses.

La maison Monrocq frères est plus pratique, ses collections se comptent par centaines, parmi lesquelles notre attention a été spécialement attirée par l'*Écolier parisien*, petit cahier très-élémentaire pour tous les genres de dessin, présentant le modèle d'un côté et la page blanche de l'autre, ou bien quelques points principaux de l'esquisse si le dessin est trop difficile ; ces cahiers contiennent aussi des traités élémentaires d'arpentage, de géométrie, etc. Nous le trouvons entre les mains de tous les écoliers de France, c'est la ressource des écoles des départements.

L'*Alphabet du dessin* en six cahiers par Jennepin, est excellent pour apprendre à dessiner des formes régulières à main levée.

Mais entre tous nous aimons la *Méthode du grand-papa* par Carot ; ne croyez pas qu'elle suive les vieux errements, elle est logique, très-usuelle et reflète la grande expérience de l'enseignement qui caractérise l'auteur. Nous trouvons aussi des séries de carrelages, toutes les petites maisons de Victor Petit ; des exercices élémentaires, d'après les objets usuels : bouteilles, verres, chaises, tables, etc., dessinés très-simplement de façon à apprendre à l'enfant à voir et à reproduire, avec des lignes simples, des formes définies.

Nous trouvons chez M. Monrocq de fort belles collections de dessin linéaire et d'architecture, des cours de têtes depuis les éléments les plus simples jusqu'aux grands dessins de M. Balze ; les animaux, les paysages, l'aquarelle, le décor, tout s'y trouve ; nous remarquons surtout les fleurs de Bléry,

intitulées : *Petits matériaux*, dessinés à la plume avec toute la verve et le charme désirables, ce cours se continue en lithographie.

La maison Delagrave publie un cours de solides et des reliefs choisis avec un goût exquis par M. Chetteville, sous la direction de M. Louvrier de Lajolais ; ces modèles un peu petits sont pourtant appelés à rendre des services, ils sont imités en zinc et exposés par M. Jules Ranvier.

Mais tout cela ne pouvait produire un résultat pratique sans le concours du gouvernement ; il vient de se produire.

Au mois d'août 1877, le dessin est devenu obligatoire pour l'obtention des certificats d'étude. Au mois d'octobre de la même année, l'habile directeur de l'enseignement primaire de la Seine, M. Gréard, a publié un programme mensuel d'enseignement du dessin dans les cours élémentaires et moyens des écoles primaires. Ce programme s'appuie sur le dessin géométrique à main levée, de façon que les maîtres-adjoints, même sans savoir dessiner, apprennent aux petits enfants de 7 à 11 ans à faire des droites, des courbes, des parallèles équidistantes, des cercles, des polygones, des courbes à formes régulières, de petits dessins courants, de la perspective et des dessins d'après les solides.

Le 21 mai 1878, le Ministre de l'Instruction publique, M. Bardoux, a pris un arrêté concernant un programme analogue, mais comprenant les relevés géométraux, l'usage des échelles et l'étude de l'ornement, qui doit être appliqué dans toutes les écoles communales où le dessin est ou pourra être organisé.

Le 2 juillet, un nouvel arrêté ministériel ordonnait l'enseignement du dessin dans toutes les classes des lycées et colléges.

Ces réformes sont nécessaires, car, dans les colléges, les classes de dessin sont souvent facultatives, et les professeurs, qui sont là pour toute leur vie, sans une surveillance active, sans que leurs élèves soient soumis à des concours généraux, se contentent de faire leur cours avec un matériel souvent démodé, et bien des jeunes gens de famille arrivent à leurs examens sans savoir dessiner. Ils le regrettent ensuite lorsqu'il faut faire des croquis dans les amphithéâtres des écoles supérieures, et, si on ouvrait un cours important à l'usage des étudiants dans le quartier latin, ils s'y rendraient avec plaisir. D'autre part, il faut penser que ces jeunes gens sont appelés à être officiers dans l'armée, qu'ils doivent savoir de la topographie, pouvoir faire la silhouette d'un paysage, mettre un coin de fortification en perspective, etc., l'apprendront-ils d'après les modèles de têtes que nous voyons, les mêmes dans toutes les académies ? Paris, Caen, Chambéry, Clermont, Montpellier, Rennes, envoient de bons dessins, mais point d'applications pratiques. Bordeaux, Toulouse se relèvent par l'exposition des travaux des écoles des beaux-arts ; Besançon a des études de serrurerie, Dijon des dessins d'objets usuels, surtout de la coutellerie, des solides et des modèles de constructions en bois ; Lyon envoie des dessins de fleurs et des arabesques : le goût de la décoration y est répandu jusque dans les lycées. L'Académie de Nancy est la plus en avance : elle expose des dessins de grande dimension d'après le plâtre, qui demandent des études sérieuses, de nombreuses reproductions des tableaux français modernes, on sent un effort d'enseignement utile mais encore incomplet.

Les décrets et les programmes ministériels vont donner une nouvelle jeunesse à tout cet enseignement : à peine ont-ils paru que déjà les éditeurs ont réuni les matériaux nécessaires à leur application.

Outre les modèles publiés par les Frères de la rue Oudinot, la *maison Delalain* vient de publier un nouveau cours de M. Lebehal qui n'est pas assez complet, mais qui offre aux maîtres les planches utiles à la démonstration.

La *maison Hachette* publie les trois volumes et les albums de M. d'Henriet : *Cours rationel de dessin*, comprenant des cours d'archéologie, de dessin

linéaire et de dessin d'imitation, qui sont bien conçus quoique d'une facture un peu lourde.

M. *Suzanne* publie notre *Méthode de dessin dicté*, qui développe à la fois le progamme officiel du département de la Seine et les programmes ministériels pour les classes de cinquième et de sixième. Cette méthode très-complète met l'enseignement à la portée de tous les instituteurs, par le peu de frais qu'elle entraîne et la simplicité de l'exécution.

Dans un beau discours prononcé en 1866, M. Guillaume, aujourd'hui directeur général des Beaux-Arts, avec l'autorité d'un grand artiste et d'un penseur érudit, a parfaitement défini la marche qui doit être suivie dans l'enseignement du dessin des écoles primaires et des lycées.

Pour lui, le dessin est une langue, un moyen d'exprimer des idées qu'aucun autre ne peut remplacer et, comme toute langue, il est soumis, à son point de départ, à des règles supérieures à l'homme lui-même et dont personne ne peut s'affranchir. Dans le dessin, il faut distinguer la langue, que tout le monde devrait savoir pour rendre des idées, et la manifestation du sentiment et du génie. La langue, la science matérielle ne gêne par la pensée, elle en est l'instrument nécessaire et tous les grands artistes ont été doublés d'un bon praticien. — Il est aussi indispensable d'apprendre les vrais principes du dessin à tous les enfants que de leur faire apprendre la langue française, mais ils doivent d'abord se servir de ce mode d'expression pour rendre des faits et non des sentiments. Le danger serait de faire croire à chacun qu'il est artiste et d'exalter son imagination en lui faisant copier seulement des œuvres qui sont l'apogée de l'art et où il s'imaginerait atteindre, tandis que s'il n'eût envisagé d'abord que la précision et l'exactitude, il eût eu une notion plus juste du dessin et une appréciation plus exacte de ses forces.

M. Guillaume réclame, au nom de la logique et des traditions, de commencer le dessin par les droites, l'évaluation des largeurs, des longueurs, des angles, une partie de la géométrie et du dessin linéaire, qui est la base du dessin d'art. « C'est la possession de la méthode géométrique et la rigueur des » moyens employés qui ont fait ces génies, qu'au même titre que Pascal on » pourrait appeler effrayants : Michel-Ange et Léonard de Vinci. » Que tous les enfants sachent donc rendre une forme régulière, lui donner du relief à l'aide de la perspective, mais qu'en même temps on leur présente de beaux modèles comme exemples, pour leur former le goût, pour élever leurs idées. Il ajoute ensuite, et tout cela est d'accord avec les arrêtés ministériels, que le même enseignement doit être donné dans tous les établissements scolaires :

« Dans des vues de raison et d'équité, nous pensons qu'il ne faut pas, selon » l'ordre des écoles, établir de différence soit dans la méthode, soit dans les » modèles : dans la méthode si elle est logique, dans les modèles, parce que » tous nos enfants ont un droit égal à connaître ce qui est bien et ce qui est » beau. Nous le croyons aussi dans l'intérêt bien entendu de notre pays, qui a » besoin de se recueillir, et, pour disposer de toutes ses forces, de revenir à ces » traditions classiques qui ont toujours été en harmonie avec notre génie national. D'ailleurs, si, dans son acception la plus haute, le mot progrès signifie » extension du bonheur, le progrès dans l'enseignement du dessin ne consiste-t-il pas à répandre les idées et les exemples qui permettent au plus grand » nombre de connaître les vraies sources de l'art et d'en goûter la beauté. »

Telle est l'idée générale et très-philosophique de ce beau discours qui sera bientôt mis en pratique, lorsque les programmes ministériels seront suivis. Le premier pas à faire dans ce sens nous paraît de faire suivre un enseignement conforme à ces idées, aux élèves des Écoles normales primaires, appelés à instruire leurs élèves sans le secours de maîtres de dessin. Si nous jetons les yeux

sur les cartons envoyés par les écoles normales primaires, nous sommes surpris de voir qu'un tout petit nombre ont des professeurs de dessin et que la plupart du temps elles sont exercées par les méthodes les moins en harmonie avec le programme.

L'*École normale primaire de la Seine* est ouverte depuis peu d'années, les élèves y reçoivent un enseignement des plus artistiques : après l'étude obligée des solides et de la bosse, ils font beaucoup d'anatomie comparée, de figures et d'animaux, des fusains et des compositions d'ornements fantaisistes rehaussés d'aquarelle.

L'*École de Melun* présente des dessins à la plume très-finis, de bons lavis, mais surtout des hachures d'après Julien. Les élèves sont dressés à exécuter très-rapidement en classe des solides en carton et à faire l'application des formes régulières aux objets usuels; le prisme devient un tas de pierres, le cône tronqué une boîte à lait, le cylindre un sceau, etc.

Les *Écoles d'Auxerre, de Poitiers, de Versailles, d'Aurillac, de Commercy, de Chaumont*, dessinent la tête selon la méthode traditionnelle d'après l'estampe.

L'*École d'Orléans* n'expose que du linéaire.

L'*Ecole de Rouen* est mieux comprise : elle arrive à un résultat remarquable par des exercices *intuitifs* (lignes droites, courbes, combinaisons de droites et de courbes, projections, etc.), excellents comme préparation à l'enseignement. Nous remarquons aussi de nombreux dessins industriels se rapportant aux fabrications locales, foulards, papiers peints, etc.

L'*École de Dijon* est remarquable par ses études d'après nature, bien exécutées et s'appuyant sur une connaissance sérieuse de la perspective.

L'*École de Vesoul* a des dessins très-finis et très-exacts, d'autres plus larges au fusain, etc.; l'*École annexe,* outre des têtes d'après l'estampe, expose des reproductions de bois découpés qui apprennent bien à rendre les courbes et paraissent parfaitement réussis.

A *Besançon*, nous sommes près de la frontière, les élèves sont exercés surtout à des relevés géographiques, ils exposent les plans des batailles célèbres.

A *Toulouse*, bonnes études d'après la bosse.

Enfin, l'*École d'Épinal* est des plus remarquables : les dessins sont très-artistiques soit à l'estompe, à la plume, au lavis ; mais surtout les élèves font des relevés géométraux et des croquis cotés ou non, d'une grande utilité pratique.

On voit l'extrême variété des enseignements qui s'accordent peu avec l'unité que le Ministre se propose de répandre dans les premiers éléments; espérons que d'ici peu de temps, tous les enfants de France sauront la grammaire du dessin comme ils savent la grammaire française, et que tous ceux qui ont des dispositions spéciales seront à même de se faire connaître, d'être accueillis par les industriels, et d'apporter leur contingent d'intelligence au grand effort que fait en ce moment notre pays, pour reprendre et tenir pacifiquement le premier rang parmi les nations.

L'ENSEIGNEMENT DU DESSIN DANS LES COURS D'ADULTES DE LA VILLE DE PARIS. LES ÉCOLES PROFESSIONNELLES OU SPÉCIALES AU POINT DE VUE DE L'ART APPLIQUÉ A L'INDUSTRIE.

La diversité que nous venons d'observer dans les méthodes d'enseignement primaire est bien plus accusée encore dans l'enseignement supérieur. Une époque ne peut se soustraire aux traditions du passé, et chaque pays, chaque ville même, subit des influences historiques ou industrielles qui créent une foule d'originalités, différentes; nous les étudierons d'autant plus facilement au Champ-de-Mars que tous les genres y sont représentés par les expositions des différentes écoles et les publications des éditeurs. Chez ceux-ci on trouve une partie des modèles dont on se sert depuis le commencement du siècle a côté des plus récents efforts et des dernières publications.

Ainsi à Paris il existe encore un enseignement semblable à celui qui était donné au xviiie siècle. L'*École commerciale de Paris* a monté son cours avec les dessins à la sanguine ou à la sépia de Vanloo, de Nattier et des maîtres de l'époque Louis XV et Louis XVI. L'ancienne tradition y revit avec sa grâce facile, ses compositions aimables, sa facture large et peu sévère. Mais il ne suffit pas de copier des dessins, il faut en produire et nous aurions au besoin de voir les études faites d'après nature par les élèves de cette école, pour les comparer à celles des autres écoles et connaître la valeur des résultats obtenus : s'il se bornait à la simple reproduction des croquis des vieux maîtres, cet enseignement très-intéressant à étudier manquerait son but et ne serait pas dans la voie ancienne qui était très-pratique.

Ce n'est que depuis l'époque de David qu'on s'est contenté de copier des modèles graphiés. Les artistes de cette école, très-respectueux du beau et de l'idéal, regardaient l'étude de dessin comme une initiation aux grandes traditions artistiques comparable à l'étude des chefs-d'œuvre tragiques et tout à fait en dehors de la vie courante. Pour eux la nature était défectueuse et inférieure aux sculptures romaines et grecques, aux œuvres de Raphaël ou de David, aussi choisissaient-ils pour modèles les œuvres les plus célèbres de l'antiquité ou des grands maîtres. Naturellement le dessin géométrique n'entrait pas dans leurs préoccupations et était étudié comme une chose complétement distincte.

Nous ne trouvons plus guère de traces de ces nombreuses lithographies d'après les Gérard, les Guérin, les Girodet, qui ont eu leur moment de splendeur et de vogue; seuls les grands modèles de Bourgeois gravés en taille-douce, d'après Raphaël, figurent encore à l'exposition de la maison *Bouasse-Lebel*. Ces gravures sont superbes et très-goûtées des élèves des cours d'adultes, quoique la gravure les entraîne à mettre trop de demi-teintes et que la finesse des hachures produise souvent des maigreurs chez le copiste.

Un cours analogue par M. Balze a été publié tout récemment par la maison Monrocq, protestation généreuse contre l'abandon des doctrines de M. Ingres; ce cours est composé d'études recueillies d'après les maîtres du xvie siècle et exécutées très-sobrement de façon que le caractère du dessin domine la facture. Ces modèles fort intéressants sont appelés à rendre des services dans les cours des Lycées.

Le goût du grand art pâlit devant le mouvement romantique, on dédaigna les Romulus et les Didon pour se livrer au pittoresque. Les petits bonshommes d'Adam, les sapins de Calame, les saules de Jules Coignet, les hachures proprettes de Julien remplacèrent les anciens modèles. Aussitôt l'étude du dessin

devint une futilité amusante, un *art d'agrément*, on dessinait comme on chantait des romances ; on faisait pour la fête de ses parents un beau trompette ou un petit jeune homme portant des fleurs dans ses bras, une charmante andalouse à l'œil voilé, ou un sauvage d'opéra comique ; les lithogaphies de cette époque sont encore chez les éditeurs, mais on ne les trouve plus employées que dans les écoles qui ont conservé leur ancien matériel. Un seul cours a subsisté, c'est celui de M. *Léon Cogniet*, exposé par l'éditeur Delarue ; ce sont des études d'après nature empreintes de cette grâce charmante qui caractérise notre vieux et cher maître : la grâce ne vieillit pas et les élèves des écoles de dessin prennent beaucoup de plaisir à les copier.

En 1865, lorsque le dessin se répandit dans les écoles communales, il y eut un retour aux études sérieuses, non plus classiques, mais utiles. La circulaire ministérielle, signée de M. Duruy (16 février 1865), institua une commission de surveillance composée de 15 membres, parmi lesquels des artistes éminents pour choisir les professeurs, les modèles et donner leur avis sur les questions d'enseignement.

Les écoles primaires doivent dès lors étudier le dessin linéraire a main levée et l'ornement. Les cours d'adultes étudient en outre la figure, la géométrie, la perspective et le modelage.

Enfin la circulaire autorise la création d'écoles libres subventionnées sous la surveillance des inspecteurs du dessin.

C'est sous ce régime que nous sommes encore aujourd'hui.

Aussitôt les éditeurs s'empressèrent de renouveler le matériel d'enseignement ; les modèles de la *Méthode Leque*, ces belles planches du *Cours progressif d'ornement et de l'ornement pour tous* de Carot ; le *Cours d'ornement* du frère Athanase si finement lithographié ; *les Fleurs* de Chabal-Dussurgey. Tous les modèles de nos écoles parurent alors en partie chez l'éditeur Delarue et nous les retrouvons répandus dans le monde entier.

Les plus belles publications sont, sans contredit, celles exposées par la maison Goupil, dirigées en partie par M. Gérôme, dans le but d'apprendre à dessiner par les grandes lignes, les plans et les masses et non à l'aide des hachures et du crayonnage ; le *Cours d'ornementation* de M. Lièvre est exécuté au fusain dans ce but ; les motifs en sont choisis et gradués avec beaucoup de goût d'après les plus beaux monuments.

Le cours de M. Bargue est composé d'ensembles, d'académies d'après nature, indiquées simplement au fusain avec des traits de construction, sans s'inquiéter des détails.

Le cours d'après l'antique se compose de têtes dont les grandes masses sont très-accusées et les demi-teintes simplifiées, de façon à apprendre aux élèves à faire abstraction des détails.

Le cours de fac-simile d'après les maîtres est un chef-d'œuvre. Les nombreuses têtes d'Holbein dessinées à la cour de Henri VIII, les charmants croquis de nos maîtres modernes sont très-propres à développer chez les élèves les qualités les plus élevées du grand art ; la ville de Paris met ce cours entre les mains des adultes, les professeurs y trouvent une source abondante d'enseignement et les élèves se disputent les modèles : ceux d'après-Michel Ange surtout deviennent un véritable objet d'émulation.

Les modèles de fleurs de Rich, les beaux paysages d'Allongé, les vues pittoresques au fusain de Ciceri, les animaux de Rosa-Bonheur, complètent cet ensemble de publications le plus accompli qu'on puisse désirer. Malheureusement chacun de ces modèles est d'un prix si élevé qu'ils ne peuvent être utilisés par la plupart des maisons d'école.

Les publications de M. Goupil sont exécutées en partie à la photogravure.

Nous devons en rapprocher la belle exposition de photographies de *Braun*, d'après les maîtres; on ne peut rien voir de plus intéressant, pourtant les photographies, si précieuses pour les artistes, sont difficiles à comprendre pour les élèves. Nous en avons dans les écoles et elles ne donnent pas de résultats parce que les élèves préfèrent les modèles graphiés.

La maison Hachette expose les *Modèles de dessin d'imitation* de Camille Chazal; nous voudrions les voir plus répandus, car c'est bien ce qui convient aux écoles : des figures expressives toujours de bon goût, un choix d'antiques se rapprochant de la nature et faciles à comprendre; ce cours est excellent, quoique les planches soient d'un format ou un peu grand ou un peu petit.

L'éditeur Eugène Lacroix expose un cours de dessin industriel très-remarquable, rédigé par M. Bardin (1); il est adopté par les écoles de la Ville de Paris.

Nous devons ajouter à cette importante série de modèles les beaux moulages d'après les statues antiques, les bas-reliefs du musées Campana, les bustes de la Renaissance, etc., que la Ville envoie dans les écoles. Cette série est enrichie souvent par les moulages uniques qui ont servi à la décoration des monuments modernes et qui offrent une grande variété de styles et de motifs d'ornements.

Les cours de dessin du soir ont été organisés avec un grand luxe dans tous les quartiers de Paris par l'Administration sous l'habile direction de M. Gréard ; elle a choisi des professeurs au concours parmi des artistes véritables, tels que MM. Jean Paul Laurens, l'auteur de la *Mort de Marceau;* Dupuis, Ponsan, Vimont, Mathieu : premiers ou seconds prix de Rome; Dupain, qui a obtenu la 1re médaille au salon de 1877, Morice, Némoz, Butin, Munié, Wéber, médaillés au salon; nous devons citer MM. Barnoin, Baron, Flament, Laporte, Lequien, Levasseur et autres bien connus par les nombreux succès de leurs élèves, sans oublier les Frères qui disputent avec acharnement les succès aux écoles laïques.

Le pavillon de la ville de Paris, à l'Exposition, renferme un petit nombre de dessins d'après le plâtre exécutés dans les cours d'adultes ; ils sont d'une tenue parfaite, d'une facture large et étudiée à la fois; la population de ces cours se recrute parmi les ouvriers ciseleurs, graveurs, ornemanistes, etc., on comprend donc facilement l'influence considérable que cet enseignement peut exercer sur l'industrie. Elle serait plus grande encore si nous pouvions réunir dans les salles du cours des documents sur l'histoire de l'art et des différents styles, l'ornementation et la composition ; souvent les élèves apportent des croquis de leurs travaux qui dénotent un goût très-peu formé et l'ignorance des plus simples lois de l'arrangement.

Ce qui met l'enseignement du dessin de la Ville infiniment au-dessus de tous les autres du même genre ce sont les écoles subventionnées. Nous trouvons un modèle de maison représentant l'école subventionnée de la rue des Petits-Hôtels (Lequien fils), qui montre avec quelle générosité la Ville a organisé ces cours et, en vérité, on ne doit point regretter ces sacrifices en voyant l'exposition des dessins des écoles de MM. Levasseur et Lequien : il n'y en a pas de plus belles dans tout le palais du Champ-de-Mars. Les fleurs et feuillages dessinés d'après nature, les groupes de bas-reliefs et de statues mélangés de plantes grimpantes, les dessins d'après l'antique ou la figure vivante, les sculptures, les compositions d'ornement dessinées ou modelées, le modelage d'après les plantes sont d'une largeur et d'une perfection telles que le public admet difficilement que ce soit l'œuvre des élèves, et nous-même en pourrions douter si nous ne les avions vus faire en partie. C'est que les élèves qui font cela ce sont les

(1) Bardin. — *Cours de dessin industriel*, choix d'exercices à l'usage des élèves des écoles primaires supérieures; ouvrage divisé en trois parties. Prix, 15 fr.

ouvriers de Barbedienne, de Christophle ou de Fourdinois, et qu'on n'arrive pas dans l'industrie à la hauteur où nous sommes sans un talent véritable soutenu par un enseignement aussi sérieux que celui de nos écoles.

Ainsi les élèves de l'*École des Gobelins*, dirigés par un peintre très-remarquable, M. Maillard, dessinent d'après nature aussi bien que dans les écoles des beaux-arts; on reconnaît dans leur académie la tradition sérieuse de l'École d'Ingres, le dessin dominé par l'anatomie, l'effet et la perspective bien entendus, les croquis nombreux bien dans la nature du modèle; les compositions d'ornement sont d'une grâce et d'un naturel parfait.

L'*Ecole nationale des Arts décoratifs* est tout à fait intéressante. Fondée à la fin du siècle dernier par Bachelier, elle a eu des phases diverses, mais son directeur actuel, M. Louvrier de Lajolais, en la ramenant à son but primitif, lui a donné toute l'importance qu'elle mérite. Cette école a le privilége d'attirer les plus intelligents parmi les jeunes gens des autres cours qui veulent se livrer à l'art industriel, parce qu'ils peuvent y travailler toute la journée et qu'ils y trouvent une installation aussi soignée que celle de l'École des Beaux-Arts. Son exposition se compose de dessins d'après la gravure, de fleurs dessinées et sculptées d'après nature véritablement étonnantes, de dessins et de modelages d'après la bosse et d'après la figure, du dessin linéaire et surtout des projections parfaites; de nombreuses compositions décoratives au crayon, à l'aquarelle, modelées, etc., enfin d'études d'après des œuvres anciennes de céramique ou de boiserie sculptée. L'enseignement y est très-complet : peut-être les compositions ont-elles une tendance au détail et à une profusion où la belle ligne se perd quelquefois, mais c'est un défaut de l'époque plutôt que de l'École.

Nous trouvons aussi à Paris les cours des *Associations polytechnique* et *philotechnique*, dont les dessins sont exposés très-haut et ne produisent pas l'effet attendu; pourtant nous remarquons des études de têtes d'après nature par les élèves de M. Barnoin qui sont remarquablement exécutées. Ces cours sont d'autant plus méritoires que les professeurs ne sont pas rétribués et donnent leurs soins d'une façon à peu près désintéressée aux jeunes gens.

Nous trouvons une exposition également bonne d'une école particulière de dessin tenue par M. H. Pinat.

L'Ecole professionnelle de la chambre syndicale de la bijouterie et de la joaillerie est représentée par de jolis dessins, très-minutieux, d'après les bas-reliefs français de la Renaissance et du XVIe siècle, des compositions de bijoux, d'émaux, des ciselures remarquables; des reliefs et du métal travaillé, on sent que cette école est dirigée dans un but spécial et qu'il est atteint. Nous ferons le même éloge de l'*Ecole gratuite de la chambre syndicale de la bijouterie d'imitation*, et du *Patronage des enfants de l'ébénisterie*, qui expose des meubles de bois réunissant toutes les difficultés du métier fort bien surmontées.

Les demoiselles reçoivent un enseignement à part, elles sont généralement enseignées par des dames; les *cours du jeudi* ont lieu dans les écoles de la Ville et les concours de fin d'année leur font honneur.

Dans les ouvrages de l'*École nationale de dessin pour les jeunes personnes*, nous sommes frappé de la profusion de fleurs peintes, dessinées, sculptées d'éventails galants, de dessins, de dentelles, de bijoux, de tous les menus ouvrages qui caractérisent une école professionnelle plutôt qu'une école nationale; carreaux de faïence, assiettes de porcelaine, etc. Il est vrai qu'il y a un cours plus élevé de dessin d'après nature, mais on a senti l'avantage d'exposer les académies fort près de la corniche. La plupart de ces travaux, surtout les fleurs d'après nature, sont très-bien, mais cette école ne nous paraît pas tenir le rang qui doit lui revenir.

La *Société de l'enseignement professionnel des femmes*, fondation Élisa Lemonnier, présente une exposition analogue; seulement il y a des produits qui se rapprochent par le goût et la perfection de ceux des grandes manufactures. Ces écoles sont les plus remarquables des écoles de demoiselles.

L'*École professionnelle catholique et l'École professionnelle pratique* (rue Hauteville), ont également des expositions intéressantes. Cependant leurs travaux sont trop timides : Au salon, les femmes artistes nous présentent des œuvres très-importantes : Mmes Henriette Browne, Rosa-Bonheur, Peyrol, Nélie Jacquemart, Louise Abbéma, Muraton, Madeleine Lemeyre, Marcello, Nicollet, et tant d'autres n'ont rien à envier aux autres artistes; de même en littérature pour Mmes Stowe ou Georges Sand; par conséquent, il nous paraît malheureux que les élèves des écoles professionnelles ne s'élèvent pas au-dessus des petites coquetteries artistiques, alors qu'elles pourraient, en se livrant à des études plus sérieuses, entrer franchement dans l'industrie et y apporter un élément nouveau de grâce et d'élégance.

Sans l'étude approfondie du grand art, on ne fait rien de bien en ornementation : Pourquoi admirons-nous les œuvres anciennes réunies dans les musées? C'est qu'elles sont faites sur les données des plus grands artistes et par leurs élèves. Emeric David dit en parlant des Grecs : « Chez eux les plus excellents artistes » étaient appelés à diriger les ateliers nombreux où se fabriquaient les vases, » les armes, les meubles de toute espèce. Ils devaient, en illustrant la patrie, » contribuer à l'enrichir; aussi étaient-ils très-honorés, et les législateurs avaient » pris soin de leur accorder les mêmes distinctions qu'aux généraux vainqueurs » et qu'aux plus grands citoyens. »

A l'époque de la Renaissance, que l'on cite constamment, ne trouvons-nous pas des modèles de candélabres par Michel-Ange et Raphaël? Benvenuto Cellini était un grand statuaire qui ciselait des objets d'orfévrerie; Germain Pilon a composé et sculpté le service de Henri III, merveille de la céramique. Toutes ces belles pièces d'argenterie du règne de Louis XIV étaient composées par Charles Lebrun et ensuite par les peintres du roi. A notre époque les plus grands artistes travaillent pour les modèles des Gobelins et de Sèvres. Malheureusement ils n'ont plus la direction des travaux d'art industriel, et, à côté de leurs chefs-d'œuvre, nous voyons un grand nombre de décorateurs sacrifier à la profusion, à la richesse des couleurs, aux dépens des grandes lignes auxquelles ils suppléent par des valeurs de tons. Lorsque le temps a détruit les couleurs tendres et fines, lorsque les valeurs ont changé, il ne reste plus rien qu'un tout papillottant. En sculpture, où le côté effectif s'impose plus sévèrement, notre observation devient plus sensible encore : en général, dans toute composition, le détail doit être soumis à la forme et aux grandes lignes. Nous appuyons sur ce fait parce que c'est une tendance extrêmement répandue et frappante dans tous les concours de décoration que nous avons suivis avec soin, tendance que l'on modifierait facilement en organisant dans les cours du soir des leçons d'ornementation.

L'*Union centrale des arts appliqués à l'industrie* s'est proposé le but de former le goût industriel. Elle est représentée à l'Exposition par un petit pavillon où nous trouvons retracée toute son existence. Voici d'abord des livres et des spécimens magnifiques de publications polychromes; donnant l'idée des richesses artistiques mises à la portée de tous les travailleurs dans sa grande bibliothèque de la place des Vosges. Puis des photographies rappelant les chefs-d'œuvre réunis dans les expositions rétrospectives que la société a organisées à plusieurs reprises au Palais de l'Industrie; quelques spécimens des objets formant le *Musée des arts décoratifs* en voie de formation au pavillon de Flore; enfin les concours organisés au Palais de l'Industrie sont représentés par les premiers

prix : les lauréats sont en partie des élèves des cours d'adultes de la Ville de Paris. L'idée qui a présidé à la formation de cette société, dont M. Louvrier de Lajolais est le promoteur, est large et féconde, et elle a donné des résultats qui font le plus grand honneur à ses fondateurs.

Paris est le rendez-vous de tous les meilleurs élèves des départements; cependant nous trouvons dans les grandes villes des écoles spéciales d'une véritable importance.

Les *Écoles municipales des Beaux-Arts appliqués à l'industrie de la ville de Limoges* sont particulièrement remarquables. Si les dessins d'après la figure laissent un peu à désirer, les modelages sont beaux, et les dessins à l'aquarelle d'après les fleurs naturelles sont pleins de délicatesse et de charme; ils ont une naïveté qu'on ne trouve nulle part ailleurs à ce degré. On y remarque aussi des aquarelles d'après les anciens ornements de faïence, des études d'après les vieux émaux de Limoges, des assiettes fort bien décorées, des émaux en relief dont l'exécution est très-difficile, des compositions de coupes, de plats, de vases qui montrent que cette grande école de céramique est toujours à la hauteur de sa réputation et veut se maintenir vaillamment dans ses grandes traditions.

Il y a peu d'expositions qui offrent plus d'intérêt et d'écoles mieux conduites que celles de la *Société Philomatique de Bordeaux*. Les dessins en sont très-bons, comme presque partout; mais on y joint des cours d'esthétique qui nous paraissent fort bien compris, des cours d'ornement appliqué à l'industrie, des dessins faits d'après les originaux : ce ne sont pas seulement les petits détails de plâtre qu'on peut se procurer à l'école, mais le meuble ancien ou le monument lui-même dont les élèves copient l'ensemble ou les fragments qui les intéressent; la société envoie des assemblages de bois, des modèles de coupe de pierre, des parquetages, etc.

Les *Écoles professionnelles de Douai* sont de véritables écoles des Beaux-Arts; le dessin d'après nature et d'ornement y est parfait, le modelage très-beau, et à côté sont les travaux de menuiserie, d'ajustage, etc. qui montrent le côté pratique de ces études. Nous y avons remarqué un panneau décoratif exécuté en camaïeu avec des hachures, comme les boiseries peintes de la galerie d'Apollon au Louvre, ils nomment cela de la *calligraphie*.

Les écoles de Lyon, qui ont eu le bonheur de posséder le peintre Saint-Jean, exposent de charmantes compositions de fleurs et de fruits d'une élégance toute française que nous retrouvons dans les soieries du pays.

Son *Ecole des Beaux-Arts* se distingue par ses figures fort bien exécutées dans la manière sobre de Flandrin et d'Orcel; mais ces maîtres sont imités jusque dans leurs défauts : toutes les figures ont le regard mystiquement tourné vers le ciel, et d'autre part, le ton est sacrifié et uniforme. Les études d'architecture sont superbes.

La *Société d'enseignement professionnel du Rhône* expose de beaux dessins d'ornement, les compositions sont fortement empreintes de l'imitation des grands maîtres de la Renaissance, et surtout des ornements des loges de Raphaël.

L'*École des Beaux-Arts de Dijon* est remarquable par ses études sérieuses et ses grands dessins largement modelés; l'*Ecole municipale de peinture et de dessin de la ville de Rouen*, par ses croquis très-artistiques et très-colorés d'après nature; les *Écoles artistiques de la Société d'agriculture, des sciences et des arts de la Haute-Vienne*, par des céramiques d'un goût fin et d'une jolie coloration; *Grenoble*, par ses belles sculptures; l'*École commerciale professionnelle d'Avignon*, par ses dessins d'architecture; le *Pensionnat des dames Marcelines de Chambéry*, par des dentelles charmantes. L'*Ecole d'apprentissage du Havre*, se distingue par ses fers forgés; le *Patronage des apprentis d'Orléans*

a la spécialité des écussons peints sur fond noir; il expose des sculptures, des bois et des fers forgés remarquables; l'*Ecole de Châlons* a ses dessins de machines; la *Société industrielle de Saint-Quentin* expose des dessins de broderie mécanique, des études de fleurs et d'ornements du XVII[e] siècle. En un mot l'exposition des dessins de toutes ces écoles; présente une variété étendue, et dans toutes les parties de notre beau pays de France on travaille et on a du talent.

LES COURS DE DESSIN INDUSTRIEL A L'ETRANGER.

Nous avons parcouru avec une vive curiosité les travaux d'Écoles exposés par les nations étrangères. Nous entendons affirmer chaque jour que nous sommes inférieurs à tel peuple ou à tel autre, mais on peut dire, après avoir fait cette étude, comme en revenant de voyage : *Le Français en voyageant apprend à aimer sa Patrie.*

Partout d'ailleurs les délégués, qui ont bien voulu nous faire les honneurs de leurs envois, nous ont dit à peu près : « Voyez, nous pouvons constater de grands progrès depuis la dernière Exposition, et nous pourrons bientôt nous comparer avec votre pays. »

En effet, nous servons plus à l'instruction de l'univers que l'univers à la nôtre; encore quelques années et le bon goût, qui était presque un monopole de la France, sera répandu chez tous les peuples, à notre grand honneur, sans doute, mais peut-être aussi au détriment de notre industrie jusqu'alors sans rivale, et de nos artistes industriels.

Voyons donc ce qui se fait dans les autres pays, surtout au point de vue de l'enseignement que nous pouvons en retirer.

En Angleterre l'enseignement du dessin industriel est relativement nouveau. Après l'Exposition de 1851, les Anglais, ayant reconnu que les produits manufacturés de la Grande-Bretagne égaux ou même supérieurs aux produits du continent sous tous les autres rapports, leur étaient certainement inférieurs sou celui de la grâce et du bon goût, l'opinion s'émut et, grâce à l'influence salutaire exercée par les journaux, des écoles de dessin furent établies à Londre ainsi que dans toutes les grandes villes d'Angleterre, et le Musée des Arts décoratifs de South Kensington fut créé (1). Les collections de ce musée sont for remarquables, les richesses s'y sont accumulées avec une telle rapidité qu'on a dû créer une succursale dans l'est de Londres, à Bethnal-Green. Ce qu'il y a d particulier dans ces musées, c'est que les riches collectionneurs y exposent tou à tour les chefs-d'œuvre qu'ils possèdent, c'est qu'on y trouve toutes les publications d'art à la disposition des travailleurs et qu'enfin une école spéciale y es annexée. L'Exposition universelle ne nous offre pas de travaux des différent enseignements de la Grande-Bretagne; l'école de South Kensington est seul représentée par de nombreuses photographies, enluminées par les élèves, de trésors d'orfévrerie du musée, et par de grands dessins très-soignés, petitemen mais consciencieusement exécutés, des aquarelles et des peintures d'après natur des dessins au trait d'une grande pureté dont nous ne comprenons guère l'utilité, quoiqu'on en trouve de semblables dans presque tous les pays. En somm il y a un effort considérable. Ce qui distinguait jusqu'ici les décorations anglaise c'est l'absence de naïveté dans l'interprétation de la nature, enlevant à leu produits toute valeur artistique; ici elle est poussée à l'extrême, aussi prévoyon

(1) Louis Rousselet.

nous qu'il s'en dégagera bientôt une originalité intéressante et que c'est une nouvelle école de décoration qui commence.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans les envois anglais, outre le mobilier scolaire qui est superbe, ce sont de petites *maisons rustiques*, de 0m50 de haut environ, pouvant servir utilement à la démonstration de la perspective et du dessin pittoresque. Le simili-pittoresque n'est guère de notre goût en théorie, mais en pratique nous pensons qu'on peut en tirer un parti utile.

Les *Colonies anglaises* nous présentent dans le Canada le modèle d'une maison d'école qui montre qu'on fait de grandes dépenses pour le luxe et le confortable, mais les dessins exposés sont assez insignifiants, ce sont encore les modèles français de Julien, de Calame et de Hubert. Excepté quelques essais timides de dessin d'après des feuilles moulées sur nature on ne trouve rien d'intéressant.

Les produits d'art industriel de Belgique sont fort beaux, quoiqu'il leur reste une certaine saveur germanique, aussi trouvons-nous chez eux des écoles importantes.

L'*École industrielle de Bruxelles annexée au Musée royal de l'Industrie* nous présente des relevés géométraux très-bien faits, des levés de plans et des croquis d'ornement qui nous rappellent ceux de l'école philomatique de Bordeaux. Savoir faire des croquis d'après les monuments qui intéressent chaque sorte d'industrie nous paraît l'utilité bien comprise du dessin industriel. Il serait à souhaiter de voir ce genre d'exercice plus répandu dans nos écoles.

L'*Ecole normale des arts du dessin St-Gosse ten Noode*, à Bruxelles, expose une collection de beaux modèles moulés sur des panneaux de bois sculptés très-intéressants.

L'*École de dessin et de modelage de Molenbek St-Jean de Bruxelles*, fondée pour les ouvriers en 1865, est très-remarquable : on y exerce les élèves à faire des dessins de grande dimension, grandeur nature. Les dessins de fleurs, les peintures à l'huile, les modelages sont d'un bon caractère éminemment pratique.

L'*École professionnelle des jeunes filles* est également bien dirigée, on y voit de nombreux dessins de fleurs d'après nature qui, à la vérité, ne sont pas très-légèrement exécutés, les traits sont épais, les ombres trop noires, mais la forme est juste; il y a de grandes compositions au trait qui doivent être reproduites de toute grandeur proposée et on comprend l'utilité de ces exercices en voyant auprès des dentelles et des fleurs artificielles, des fayences et des éventails où tous ces dessins se reproduisent sous une forme pratique, Nöus remarquons aussi, comme à la Ville de Paris (exposition de Mlle Grandhomme) des dessins de robes et à côté des robes exécutées, nous aimons cet ordre logique d'études et d'application réunies.

La plus originale est l'*École de Saint-Luc*, de Gand, tenue par les Frères, dont l'exposition considérable est renfermée dans des cartons tout fleurdelisés et superbement reliés. Le commencement de leur méthode est le dessin géométrique à main levée conduisant aux feuilles simples et aux rinceaux peu compliqués, aux dessins d'architecture et de charpente. Les élèves dessinent ensuite d'après le plâtre sans finesse, comme c'est l'habitude en Belgique. Cette école a des modèles spéciaux tous pris parmi les ornements religieux gothiques, on s'y trouve en plein moyen âge, les souvenirs les plus récents sont du xive siècle. Le cours supérieur se compose de très-beaux dessins d'architecture, plans et coupes d'églises, charpentes de clochers, fermetures de portes gothiques très-variées, et principalement d'immenses dessins coloriés d'après des vitraux et des fresques de Giotto ou d'Orcagna. Ces peintures à la gouache, dont quelques-unes ont quatre ou cinq mètres de haut, sont exécutées dans la perfection; mais si le progrès est de suivre son époque et d'en perfectionner les procédés, comment

nommerons-nous les travaux de ces écoles, quelque beaux qu'ils soient, s'ils sont en retard de cinq siècles?

Les expositions du Danemarck et de la Hollande se rapportent seulement aux écoles primaires. Quant à l'Allemagne elle n'a pas exposé. A Philadelphie, l'art allemand appliqué à l'industrie consistait à représenter MM. Bismarck ou de Molke en savon, en sucre, en bougie, en pain d'épice ou en bronze; pour boîtes à bombons ils avaient des canons Krupp ou des casques pointus, ils ont eu un succès comique et n'ont pas voulu le renouveler à Paris, ils ont eu raison. Autrefois l'Allemagne était le paisible pays de la pensée et de l'instruction, mais à présent que la force y prime tout, même le droit, c'est le pays armé des repressions violentes, et du culte de la guerre. — Traversons vite l'Allemagne sans nous arrêter.

Les écoles de Russie sont remarquablement organisées. L'*École supérieure* de Saint-Pétersbourg a exposé un grand nombre de beaux dessins très-consciencieusement exécutés, les uns d'après l'antique, les autres d'après nature, le caractère et l'effet de lumière y sont très-observés, ils se plaisent à éclairer les objets de différentes manières et à faire copier aux élèves à la fois le modèle et le fond sur lequel il se détache, ce qui est très-bien compris. Les travaux sont de grande dimension, un peu précieux de facture, mais en somme d'une valeur réelle. Le dessin industriel est représenté par des papiers peints et des étoffes imprimées d'un goût tout à fait russe, c'est un mérite pour eux qu'il ne serait pas de bon goût d'imiter.

Les travaux de l'*École des sourds-muets* sont moins forts, mais l'enseignement y est bien conduit; les élèves commencent par l'étude des solides et de la perspective, puis ils dessinent des objets d'après nature, d'abord isolés ensuite groupés, enfin des coins d'appartement tantôt en plein jour, tantôt éclairés par la lampe, avec un sentiment de l'effet très-bien entendu; ils dessinent aussi d'après l'estampe.

L'exposition de l'Autriche est des plus curieuses, le caractère particulier de l'enseignement autrichien c'est l'étude de l'archéologie ou du moins de l'histoire de l'art monumental et décoratif. Les ouvrages polychromes, les recueils d'ornements de tous les pays, de tous les âges sont fort soignés; mais nous remarquons entre tous un ouvrage composé de très-nombreuses gravures sur bois, d'après des détails archéologiques, les pages sont destinées à être collées sur des cartons et exposées dans les écoles. La même recherche savante se retrouve dans les moulages qui sont très-purs; les reliefs sont choisis parmi des fragments trouvés intacts, les cinq ordres sont copiés d'après des monuments anciens et non d'après Vignole et très-bien présentés pour l'étude; un grand écorché, de Brenek, est le plus beau que nous connaissions; enfin des lithographies servent à enseigner les proportions et la structure du corps humain.

Les écoles ont envoyé de nombreux cartons de dessin d'un caractère spécial, rappelant le pays féodal : Une bête héraldique dessinée avec de grandes hachures écartées comme les gravures sur bois d'Albert Durer, des copies coloriées de missels gothiques, des fleurons de cathédrale, une coupe étonnante qui fait songer au roi de Thulé, une corne à boire soutenue par quelque vieux soudard, en un mot toute la vie des légendes. Nous remarquons des dessins blancs sur fond noir imitant les vieilles marqueteries de Florence et de Venise, des arabesques d'après Raphaël à l'aquarelle et un peu dures, des dessins polychromes d'un goût antique, des sépias sur fond jaune qui semblent dater du xvi[e] siècle. On est tout surpris de trouver au milieu de cela des dessins très-largement exécutés d'après les modèles Goupil, les fleurs de Chabal-Dussurgey, ou les ornements du frère Athanase. La plupart de ces travaux sont fort bien, ils ont conservé leurs vieilles traditions nationales, ce qui est un mérite.

L'école de Trieste suit les anciennes méthodes françaises.

Les peuples d'Orient n'ont pas eu le loisir d'exposer, pauvres gens! — Nous arrivons en Italie.

Peu de personnes ont dû voir l'exposition des dessins d'écoles italiennes, placés dans de grands cartons empilés, lourds et massifs, c'est regrettable car elle présente un véritable intérêt. Nous pensions y trouver une tradition des grands maîtres qui ont illustré toutes les villes : Rome, Florence, Bologne, Venise et Milan, mais point du tout : les grands maîtres semblent bannis de l'enseignement sur toute la surface de la terre, la ville de Lyon exceptée, grâce sans doute à l'amour de Flandrin et de son école pour Raphaël. Ce qui distingue les dessins italiens c'est la finesse excessive de l'exécution.

Florence envoie des bois sculptés par des apprentis qui ont déjà un talent de maître; ils ont peut-être un peu de maigreur à force d'être travaillés ; ces boiseries rappellent les charmants bas-reliefs des xv[e] et xvi[e] siècles. Le même genre de qualités se retrouve dans les dessins qui sont perlés, souvent exécutés à la sépia ou à l'encre de chine, on ne pousse pas plus loin le fini.

L'*École professionnelle des femmes* de Milan ne ressemble à aucune autre : nous y trouvons des dessins égyptiens enluminés, des fleurs, etc ; mais aussi des solides en perspective et des études d'après le plâtre.

Nous avons trouvé avec plaisir l'album envoyé par Murano, contenant toutes les jolies formes de verroteries anciennes, que l'on imite encore dans la perfection ; elles sont faites à l'aquarelle et, si ce sont des ouvriers qui ont exécuté ces charmantes œuvres, ils sont très-avancés.

La petite ville de Côme est le pays des soieries, des velours et des lainages ; elle envoie des dessins se rapportant à son industrie.

Quant à la ville de Rome, elle est représentée par les dessins des écoles municipales du soir, qui ont un aspect tout spécial. Ce sont des grecques très-riches, des plafonds merveilleux, des vases antiques, de grands dessins d'après le plâtre très-finement exécutés à la mine de plomb, au lavis et à l'estompe; les ouvrages les plus importants sont des vases de plusieurs couleurs, modelés sur des teintes plates à l'aquarelle et d'un effet très-agréable.

Rome envoie aussi de beaux dessins d'architecture et un album d'aquarelles d'après d'anciennes majoliques, des lambeaux d'étoffes, des fragments de poterie aux riches couleurs, qui ont toute la saveur des aquarelles de nos meilleurs artistes ; nous doutons que ce soit l'œuvre d'écoliers, même adultes.

En Espagne et en Portugal nous ne trouvons point d'envois des cours supérieurs; terminons par la Suisse notre revue des écoles de l'Europe.

Les dessins exposés par la Suisse sont parmi les plus beaux que nous trouvons au Champ-de-Mars. Ceux du canton de Zurich, à *Kusnacht*, sont tout aussi finis que les dessins italiens et beaucoup plus largement faits, en blanc et en noir sur fonds teintés. Chaque élève est représenté par un cours complet comprenant le linéaire proprement dit avec projections et lavis, des dessins d'architecture et de machines, l'étude complète des cinq ordres, enfin d'excellents dessins d'architecture au crayon ou au lavis d'après le plâtre. Il y a six élèves représentés qui donnent une haute idée de la force de la classe.

L'*École industrielle d'art* du canton de Lucerne est absolument unique dans son genre, elle expose des dessins à l'aquarelle d'une grande beauté. Ce sont d'abord des vases, des plats, des brocs de forme ancienne soit seuls, soit groupés, la couleur est très-agréable, la facture excellente; ensuite des aquarelles d'après des fers forgés et toutes sortes de serrureries d'art, des papiers peints d'un goût secondaire, enfin des aquarelles d'après des ornements de bois sculpté si répandus en Suisse. Probablement tous ces beaux échantillons, comme ceux de Murano, sont les pages d'un album, car ce n'est pas là le travail journalier d'une classe.

Dans toutes les autres nations, nous ne trouvons plus que l'exposition de l'*École normale d'art* fondée à Boston en 1873. Ce sont les mêmes compositions de céramique dont nous avons parlé, et des dessins pour papiers peints comme ceux qu'on exécute en France, à Rouen, on sent qu'on s'occupe avant tout d'une industrie courante.

Nous avons terminé l'étude de l'enseignement du dessin à l'Exposition universelle, nous voyons que chaque nation a ses tendances et ses méthodes particulières; mais elles ne sont pas toujours présentées d'une façon assez étendue pour que nous puissions les analyser comme elles le mériteraient, et il nous en reste le plus grand désir de les étudier dans le pays même.

Il est certain que les études à l'aquarelle, dont nous ne nous servons presque pas, donnent un résultat excellent, que le musée pédagogique de Saint-Pétersbourg, les musées d'art industriel de Londres, les méthodes élémentaires du Danemarck et des États-Unis, les écoles de Suisse, de Liége et de Turin, les publications de Vienne rivalisent avec nos plus heureux efforts; mais lorsque le musée des Arts décoratifs et le musée pédagogique qui sont en voie de formation au pavillon de Flore et au Trocadéro seront organisés, lorsque les programmes ministériels sur l'instruction primaire et des lycées auront pu être appliqués, nous n'aurons plus rien à envier aux autres nations. Il nous paraît donc que nous sommes en bonne voie et que notre souci actuel doit être d'abord d'aider de toutes nos forces à la réalisation des projets ministériels.

Léon Horsin-Déon.

LES CRISTAUX

PAR

M. A. F. NOGUÈS, INGÉNIEUR CIVIL DES MINES.

SOMMAIRE.

Mobilier et accessoires : Gobeleterie de cristal; cristaux taillés, cristaux doubles, cristaux montés, etc. Gobeleterie ordinaire, verrerie commune et bouteilles, verres à vitres et à glaces, verres façonnés, émaillés, craquelés, filigranés, trempés, etc. Verres, cristaux d'optique, objets d'ornement, etc., verres peints, miroirs, glaces, vitraux, etc.

I. — HISTORIQUE.

Classification des produits, composition et préparation du verre combustibles, fours, creusets. — Dans les *Études sur l'Exposition de* 1867, à notre article *les verres et les cristaux*, nous avons exposé la composition comparée des diverses variétés de verre fabriquées en France, en Allemagne et en Angleterre. Aussi renvoyons-nous le lecteur à cette étude de 1867 pour tout ce qui concerne la composition chimique, les propriétés générales et le travail du verre et des cristaux. Dans une courte notice nous avons raconté les origines du verre. Nous complétons cette revue rétrospective par quelques données nouvelles que la critique historique et la science ont fait connaître depuis dix ans. Nous ne reviendrons pas sur les faits racontés par Pline, Tacite, Strabon, Josèphe, etc., touchant la découverte du verre, car on ne sait rien de bien certain sur les commencements de l'art du verrier. L'*Encyclopédie*, à l'article *verre* par le chevalier Jaucourt, contient un résumé historique sur l'invention ou la découverte du verre qui condense tous les travaux antérieurs. Les écrivains du moyen âge et de la renaissance nous ont transmis des documents intéressants sur la fabrication du verre chez nos ancêtres. Éraclius, dans son ouvrage de *artibus et coloribus romanorum*, décrit certains procédés curieux employés vers le XIe siècle ; Théophile consacre son livre *diversarium artium schædula* à la fabrication du verre (XIIe et XIIIe siècles); Georges Agricola, dans son *de re metallica* (1556), représente différents fours de verrerie et le mode du travail du verre alors usité. Les italiens Thomas Garzoni, Antonio Neri (1612), Buonarotti (1716), nous font connaître la fabrication du verre, des perles, du verre filigrané, la composition des verres blancs et colorés, des fondants, la manipulation de la matière vitreuse, comment l'on pratiquait ces opérations en Italie du temps de ces écrivains et dans l'antiquité. Plus près de notre époque, nous citerons à titre de documents historiques bons à consulter : l'article *verrerie* de l'*Encyclopédie méthodique*, par Alliot ; l'*Art de la peinture sur verre* (1774), par Leviel ; l'*Essai sur la verrerie*, par Loysel ; l'*Art de la vitrification*, par Bestenaire d'Audenart; l'*Art de la verrerie*, par Porter; Neri, Merret et Kunckel, *Art de la verrerie*, avec pl. (1752).

Parmi les publications contemporaines les plus importantes à lire, tant au point de vue technique qu'historique, nous signalons l'article : *verres, cristaux*

du *Dictionnaire des arts et manufactures* (Debette); *le Verrier au XIX*e *siècle* et *Un chapitre sur la verrerie*, par F. Flamm (1); le *Guide du verrier*, par G. Bontemps; *Douze leçons sur l'art de la verrerie; le Verre, son histoire, sa fabrication*, par M. Peligot; *cristaux*, *verre* du *Dictionnaire de chimie*, de M. Wurtz; *cristal*, *verre* du *Dictionnaire de chimie industrielle de Barreswil* (M. Peligot); *cristallerie*, *cristaux*, *bouteilles*, *ballons*, *verre*, du *Dictionnaire encyclopédique* de MM. Lami et Tharel, par M. Noguès.

« L'histoire du verre, dit Bontemps, se lie à celle de toutes les industries ayant » eu le feu pour agent; l'industrie du potier a dû certainement la précéder, » car dès les premiers âges, les hommes ont dû mettre à profit la plasticité de » l'argile pour en façonner les vases nécessaires aux usages journaliers. Les » vases furent sans doute d'abord simplement séchés au soleil, mais bientôt le » feu... dut être substitué au soleil pour rendre l'argile, au moyen d'une tem- » pérature plus élevée, imperméable aux liquides. »

La vitrification dut se manifester en maintes circonstances, selon la température produite et les matières mises en présence; les laitiers, les scories de toute nature durent éveiller l'attention des hommes des premiers âges sur les phénomènes complexes de la vitrification des matières siliceuses.

Depuis une dizaine d'années, l'industrie du verre et la cristallerie ont reçu de nombreux perfectionnements; ces progrès portent principalement sur la composition de certaines variétés d'émaux, de verres colorés, sur l'introduction de nouveaux colorants et fondants, sur la fabrication de verres spéciaux, sur la disposition des foyers, enfin sur la meilleure utilisation de la chaleur. Le chauffage des pots et des fours a été notablement perfectionné; les fours à gaz sont devenus d'un usage plus commun; la gravure chimique a fait des progrès sensibles dans les procédés d'exécution. Mais la découverte la plus remarquable relative à la verrerie est celle du *verre trempé*, improprement dit *verre incassable*, à laquelle M. de la Bastie a attaché son nom.

Classification des produits. — « Les produits de la verrerie sont des plus variés par la forme, la destination et le mode de fabrication.

On les divise en huit séries différentes :

1° Les cristaux pour services de table, lustres, candélabres; les cristaux de luxe et de fantaisie unis, taillés et colorés, filigranés, dorés et peints;

2° La gobeleterie fine et commune pour la table, les articles pour restaurants, les bouteilles à eaux gazeuses, les cornues et autres appareils de laboratoire;

3° Les glaces pour miroiterie et vitrages, les verres colorés pour dallage et appareils de phares; glaces brutes, unies, cannelées, pour vitrages et couvertures de serres;

4° Les verres à vitres blancs et colorés, les cylindres ou globes ronds, ovales et carrés, les tuiles en verre ;

5° Les bouteilles à vin, à eaux minérales; les cloches de jardin, les bonbonnes et les touries;

6° Les émaux en masse et les tubes pour la bijouterie et l'émaillage;

7° Les miroirs;

8° Les vitraux peints.

Quoique l'emploi du verre fut assez peu répandu chez les anciens, sa fabrication avait atteint cependant un grand degré de perfection; mais la décadence fut complète après la dislocation de l'empire romain; c'est vers le XIIe siècle, à Venise, que commença l'établissement des célèbres verreries dont la prospérité ne déclina qu'a la fin du XVIIe siècle et pendant le XVIIIe.

(1) Paris. Librairie Lacroix.

Déjà, depuis le XVIe siècle, la fabrication en Bohême s'était développée très-rapidement; au XVIIe siècle Colbert créait les établissements de Saint-Gobain et les Anglais découvraient le verre à base de plomb. En France, vers 1830, le monopole de la fabrication appartenait aux cristalleries de Saint-Louis et de Baccarat; mais de nouvelles usines furent créées, notamment dans les environs de Paris, à Pantin et à Clichy, où fut découvert le verre boracique, dont la fabrication a pris peu d'essor à cause du prix élevé de l'acide borique. Quant à la fabrication des verres de couleur, elle a été très-importante au moyen âge. En 1825, le monopole en appartenait à la Bohême; ce n'est qu'à partir de 1837 que cette industrie s'est développée en France.

Il entre dans la composition du verre et du cristal un élément commun, la silice; mais les autres éléments sont entièrement différents. Tandis que, dans le cristal, la silice est combinée avec la potasse et l'oxyde de plomb, dans le verre on la mélange au carbonate de chaux et au carbonate ou au sulfate de soude.

Toutes ces matières sont indigènes, à l'exception du plomb, que l'on tire de Belgique, d'Espagne, d'Angleterre et de quelques rares usines françaises. Leur fusion s'opère dans des creusets chauffés à la houille ou au bois; dans un grand nombre d'établissements, on les chauffe avec les gaz extraits de la houille, et le charbon n'est employé que dans les foyers ordinaires sur grilles plates.

Le travail du verre est basé sur la dextérité manuelle des ouvriers; les machines ne peuvent y remplir qu'un rôle secondaire; pour les glaces seules elles sont l'agent essentiel de la fabrication. Ce travail ne s'opère qu'en manufacture. Ces manufactures comprennent des halles à fours, des tailleries, des ateliers de dressage et de polissage des glaces.

Les ouvriers sont généralement à leurs pièces; ils sont secondés dans le travail des fours par des enfants en nombre à peu près égal à celui des ouvriers verriers; c'est dans cette pépinière d'apprentis que se recrute le personnel des verreries.

Les principaux centres de fabrication sont les départements du Nord, de l'Aisne, de la Seine, de Meurthe-et-Moselle, du Rhône et de la Loire.

Paris est le grand marché pour la vente du verre, des cristaux, des glaces et de la gobeleterie, pour l'exportation aussi bien que pour la consommation intérieure.

Le tableau suivant indique la valeur annuelle approximative de la production et de l'exportation :

PRODUITS.	PRODUCTION.	EXPORTATION.
	francs.	francs.
Cristaux.	11,000,000	4,000,000
Verrerie et gobeleterie.	14,000,000	8,000,000
Glaces.	25,000,000	8,000,000
Verre à vitre.	15,000,000	3,000,000
Bouteilles.	40,000,000	12,000,000

Le fait le plus saillant que l'on ait remarqué dans l'industrie de la verrerie, en 1867, était l'emploi du gaz comme combustible pour la fusion du verre. Quoique économique, ce procédé nouveau ne s'est point généralisé, soit à cause des dépenses d'installation qu'il nécessite, soit parce que l'on espère trouver prochainement des moyens plus simples et moins coûteux encore.

Une pratique nouvelle s'est introduite dans la fabrication du verre; constitue-t-elle un progrès? On n'oserait l'affirmer; il importe néanmoins de la signaler. On a substitué à la rognure faite par l'ouvrier verrier, le coupage par un courant d'air chaud et le rebrûlage à l'ouvreau à l'aide du chalumeau. Ce pro-

cédé est ingénieux, à coup sûr, et permet d'augmenter notablement la production dans un temps déterminé, mais il donne des produits beaucoup plus cassants.

On ne peut non plus passer sous silence une découverte, qui a fait grand bruit il y a quelques années, le *trempage du verre*, qui donne à cette substance un état moléculaire particulier et la rend beaucoup moins fragile. Ce procédé a donné lieu et donne encore lieu tous les jours à des essais, à des études nouvelles; il a appelé l'attention des fabricants sur l'opération du recuit, d'où dépend le plus ou moins de solidité des produits fabriqués. (*Notice du catalogue officiel.*)

Enfin il importe de dire que, dans la dernière période décennale, la loi de 1875 sur le travail des enfants dans les manufactures a reçu son application et qu'elle a déjà produit d'excellents résultats.

Composition. — On sait que les verres incolores sont des silicates doubles de chaux, de potasse ou de soude; mais quand ils sont colorés, les silicates alcalins sont en partie remplacés par des silicates multiples très-fusibles.

On divise ordinairement les verres en trois classes, savoir : 1° *verres incolores ordinaires*, silicates doubles de chaux et de soude ou potasse, tels sont les verres pour la gobeleterie, les vitres, les glaces coulées; 2° *verres colorés communs* ou *verres à bouteilles*, silicates multiples de chaux, d'oxyde de fer, d'alumine, de potasse ou de soude; ils sont généralement colorés en vert foncé ou jaune-brun par l'oxyde de fer ou de manganèse, ou bien par le charbon ou le soufre; 3° *cristal*, silicate double de plomb et de soude ou potasse ; c'est un verre de luxe complétement incolore, fabriqué avec des matières premières pures. En France on emploie dans la fabrication des verres le carbonate et le sulfate de soude de préférence au carbonate de potasse; en Allemagne, au contraire, et particulièrement en Bohême, on donne la préférence au carbonate de potasse. La soude donne d'ailleurs des verres plus fusibles et plus faciles à travailler que les verres à potasse, qui ont cependant plus d'*incolorité*. Parmi les verres spéciaux pour l'optique, la parure, l'ornementation, nous remarquons : 1° le *crown-glass*, formé de 120 parties sable fin, 35 parties carbonate de potasse, 20 parties carbonate de soude, 20 parties craie, 1 partie acide arsénieux; 2° le *flint-glass*, contenant 100 parties sable fin, 100 parties minium, 30 parties carbonate de potasse; 3° le *strass*, cristal plombeux très-dense et affiné avec soin ; 4° l'*émail*, verre opaque obtenu au moyen de l'oxyde d'étain, de l'acide arsénieux, du phosphate de chaux ou de l'antimoniate d'antimoine, coloré au moyen de certains oxydes métalliques.

Les principales colorations du verre sont produites par les oxydes de cobalt, de manganèse, de cuivre, de fer, d'urane, de chrome, par l'or, l'argent, le charbon et le soufre. Le *verre rubis* s'obtient au moyen d'une sorte de peinture cuivreuse cuite à la moufle; il est employé en Bohême pour faire des gobelets, des coupes sur lesquels on grave à la roue des dessins, des tableaux artistiques variés.

Le tableau, page 147, donne la composition des principaux verres.

Avec des matières pures et une composition homogène on peut obtenir du cristal bien blanc; cependant pour détruire les agents de coloration qui peuvent se trouver accidentellement, on ajoute à la composition une certaine quantité d'oxyde de manganèse ou d'oxyde de nickel très-pur, MM. Maës et Clemandot ont démontré que l'acide borique peut modifier profondément la nature du cristal, dans ce cas l'oxyde de zinc peut se substituer au plomb, et la soude, la chaux ou la baryte, à la potasse. Avec cette composition ils ont obtenu des cristaux très-limpides d'un bel éclat.

MATIÈRES.	VERRES à bouteilles.	VERRES à vitres.	VERRES à glaces (de Saint-Gobain).	VERRES de Bohême.	CRISTAL.	CRISTAL anglais.
Quartz, sable ou silice . .	100	100	73	100	300	300
Soude ou sulfate de soude.	8	30	11,5	»	»	»
Potasse ou carbonate de potasse.	»	»	»	28 à 32	100 à 150	220 à 270
Calcaire ou chaux éteinte.	24	30	15,5	13 à 15 et 17	»	»
Coke pulvérisé.	»	5	»	1	»	»
Bioxyde de manganèse . .	»	5	»	»	»	»
Arsenic blanc	»	»	»	3	»	»
Minium.	»	»	»	»	200 à 240	150 à 180
Groisil	»	»	»	»	300 à 500	»

Combustibles. — Dans les verreries on emploie comme combustible : le bois, les diverses espèces et variétés de charbons minéraux, les gaz combustibles ; le bois a été successivement remplacé par les combustibles minéraux ; mais

Four à verre Siemens dit à bassin et à travail continu. (Fig. 1, 2, 3, 4.)

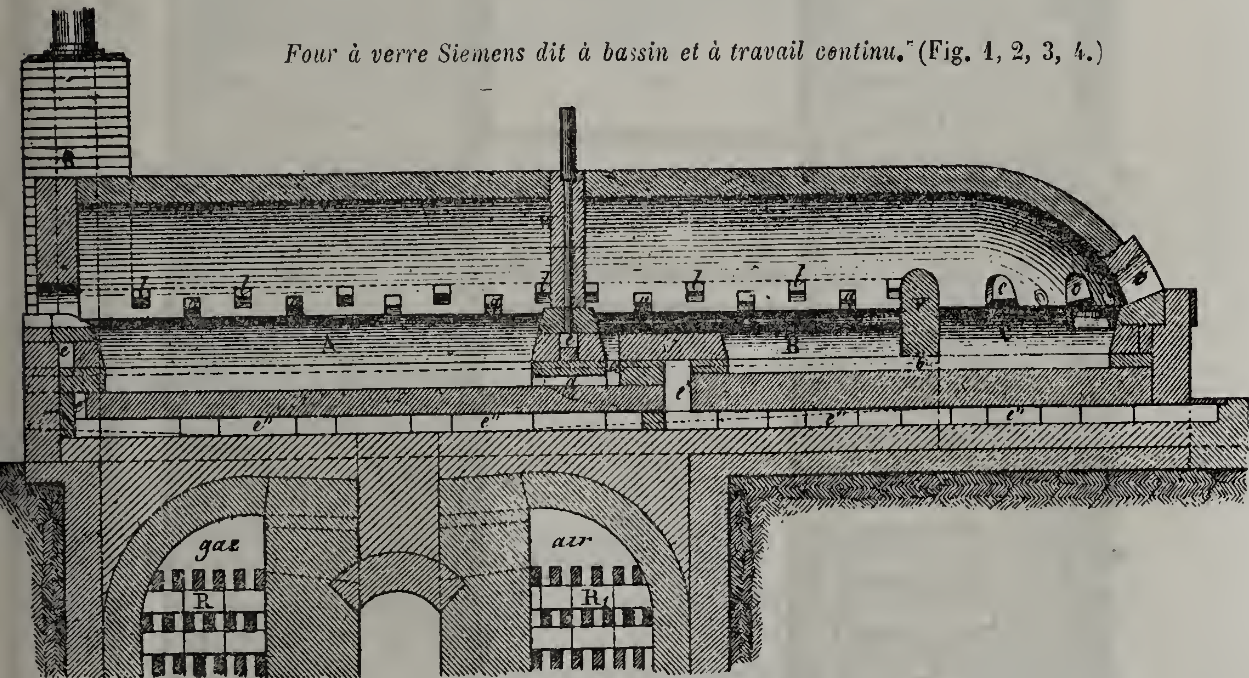


Fig. 1. — Coupe longitudinale.

en Allemagne presque toutes les verreries brûlent encore du bois. L'important dans l'art du verrier est de produire la plus grande quantité de chaleur en un temps donné avec le moins de fumée possible. Il importe en outre que la chaleur qui se développe dans les foyers soit facile à régler, que la flamme circule autour des pots. Depuis quelques années, l'industrie du chauffage du verre a fait des progrès considérables ; en cherchant à diminuer la consommation du combustible, elle a changé les aménagements des fours. Ceux en usage aujourd'hui sont : 1° les *fours ordinaires* ; 2° les *fours Siemens* ; 3° les *fours Boétius* ; 4° les *fours Ponsard* ; 5° les *fours à une seule cuvette*, foyers que nous n'avons d'ailleurs pas mission de décrire ici (voir appareils de chauffage et de métallurgie). Nous avons décrit quelques fours de verrerie dans les *Études sur l'Exposition de* 1867, nous renvoyons donc nos lecteurs à cet ouvrage.

Le *four Boëtius* (fig. 5), d'une construction plus simple et moins coûteuse que celle du four Siemens, réalise une économie de combustible qui s'élève à 30 %;

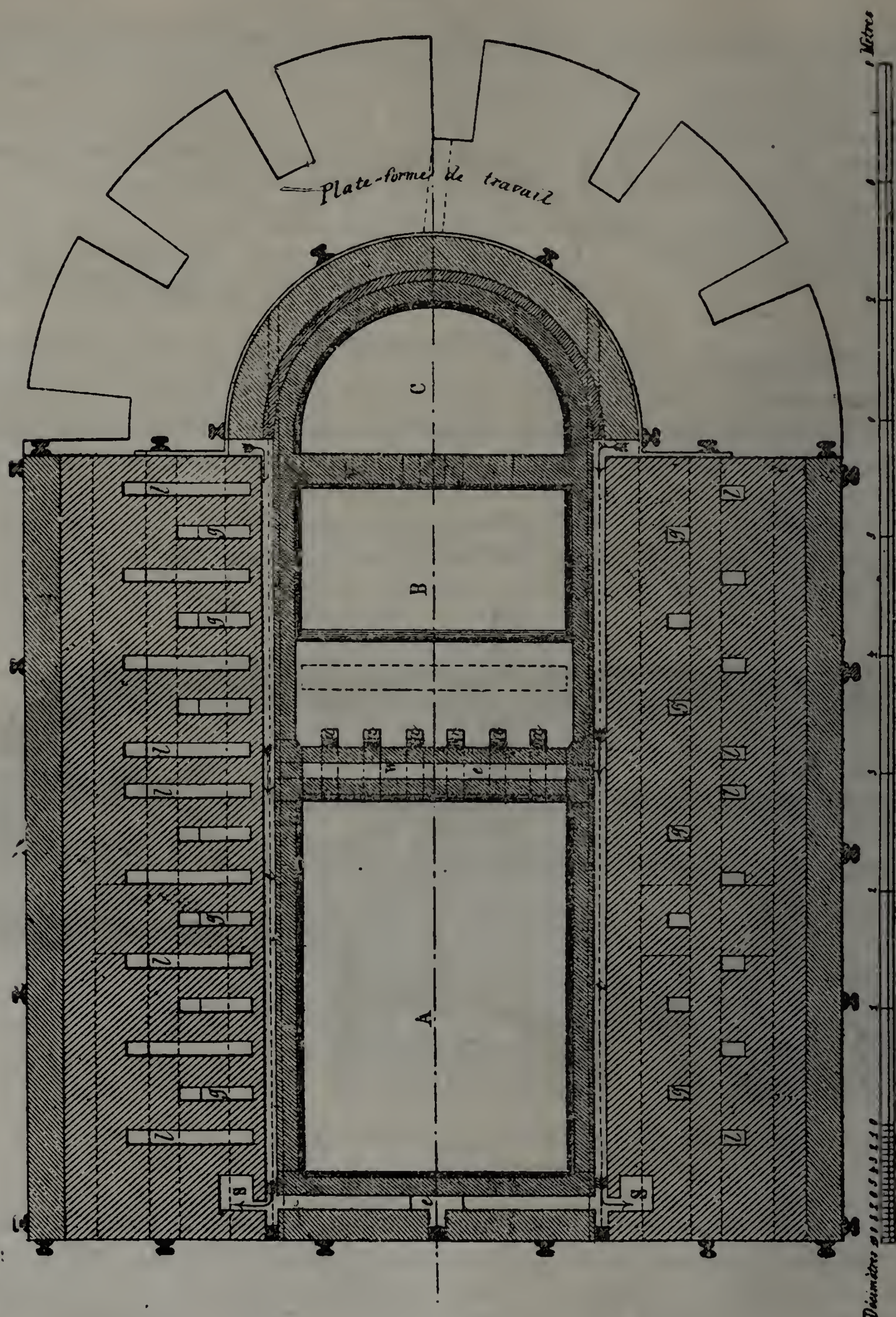


Fig. 2. – Coupe horizontale par les cuves et les conduits d'air et de gaz.

le four à vannes et à cuvette (fig. 1, 2, 3, 4) est employé chez M. Fréd. Siemens à Dresde, à Blanzy, etc; M. Léon Moudron a décrit cet appareil qui a figuré à l'Exposition de Vienne de 1873; sa sole est divisée en trois compartiments transversaux: le premier sert à la fusion, le deuxième à l'affinage et le troisième au cueillage du verre. MM. Videau et Clémandot ont construit à Blanzy une verrerie à bou-

teilles dans laquelle on a remplacé les creusets par une cuvette à grande dimension chauffée au gaz (fig. 6).

Dans l'établissement d'une verrerie, l'industriel doit se préoccuper : 1° des approvisionnements du combustible, de silice, de chaux, des alcalis, des terres réfractaires ; 2° de la main-d'œuvre ; 3° des débouchés.

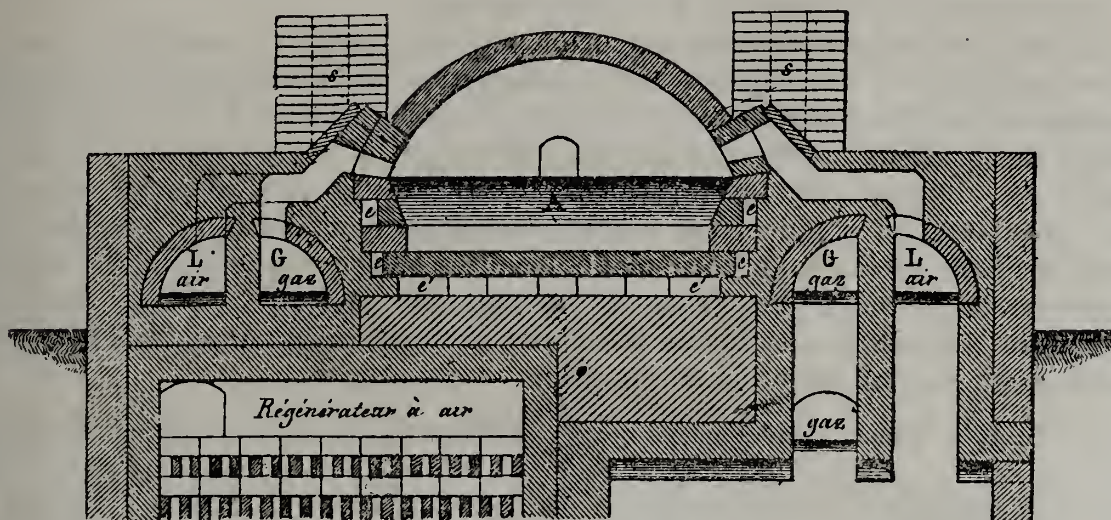


Fig. 3. — Coupe transversale de la chambre de fusion.

Il ne faut pas perdre de vue dans ces appréciations que généralement la dépense du combustible forme environ le tiers des dépenses d'une verrerie; la silice et les autres matières réunies un autre tiers, et la main-d'œuvre, le dernier tiers.

En outre, le poids total du combustible dépensé est environ deux à trois fois celui du verre produit; donc, il y a avantage à transporter le produit fabriqué et non le combustible. Il importe donc d'installer les verreries sur les lieux de

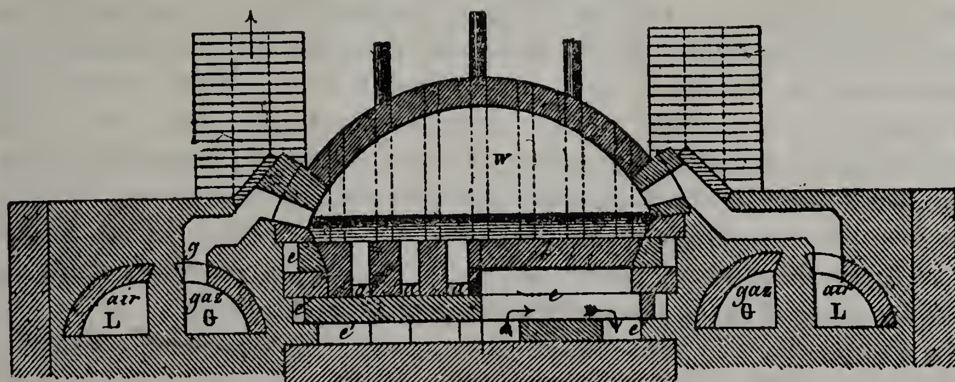


Fig. 4. — Coupe par la chambre de raffinage.

production des charbons. D'ailleurs, on ne négligera pas de tenir compte de l'approvisionnement en silice et du prix de la main-d'œuvre. En France, le combustible employé pour la fonte du cristal est le bois ou la houille; les usines des environs de Paris, de Lyon, d'Angleterre, de Belgique et de St-Louis, sont chauffées à la houille; à Baccarat les fours sont chauffés les uns au bois, les autres au charbon minéral. On emploie pour obtenir 100 kilog. de cristal, 144 kilog. de matières, savoir : sable 72 kilog.; minium 40 kilog; potasse 24 kilog., qui perdent environ 14 % à la fonte; ce qui donne 124 kilog. de

cristal fondu ou 106 à 107 kilog. de cristal fabriqué revenant à 1f,50 le kilogr. En tenant compte de la main-d'œuvre et du capital, le cristal usuel non taillé revient à plus de 1f,50 le kilog.; en outre, la taille et la décoration augmentent considérablement sa valeur.

La bonne qualité des creusets de verrerie est d'une grande importance, car cette fabrication peut à elle seule, selon qu'elle et bonne ou mauvaise, assurer ou compromettre la prospérité d'un établissement.

Les pots de verrerie doivent supporter pendant plusieurs semaines sans se déformer, sans se fendre, sans se vitrifier, une température qui n'est pas moindre de 1,000 à 1,200 degrés : le verre de Bohême fond à 1,050°, le cristal à 925°; il est pâteux à 770°. Les briques qui servent à la construction des fours comme les creusets sont fabriqués avec les argiles les plus réfractaires et les plus infusibles. En France, on emploie généralement l'argile plastique de Forges-les-Eaux (Seine-Inférieure) ou des localités environnantes; en Angleterre, l'argile de Stourbridge; en Prusse et en Belgique, celle d'Andennes, près de Namur; en Allemagne, les terres d'Andennes, de Klingenber et du Palatinat.

Le tableau suivant donne la composition de ces argiles.

MATIÈRES.	I Terre de Forges.	II Terre d'Andennes.	III Terre de Stourbridge.	IV Terre de Klengenber.	V Creusets de Bohême.
Silice	70,6	64,2	71,7	57,4	68,0
Alumine	26,0	32,2	22,3	38,0	29,0
Oxyde de fer	1,2	2,4	4,5	1,8	0,2
Chaux	0,1	» »	0,5	1,8	» »
Alcalis	1,1	1,2	» »	1,0	0,8
	100,0	100,0	99,0	100,0	98,0

L'argile de Forges est la terre grasse par excellence, surtout quand on y mélange à l'état de ciment de la terre d'Andennes, plus réfractaire que notre argile; les creusets fabriqués avec un mélange de ces deux terres supportent, sans se déformer, les plus hautes températures des fours de verrerie. — Les creusets fabriqués avec l'argile de Forges seule se déforment et se ramollissent par un séjour de 30 à 40 jours dans le four de fusion.

En France, fait remarquer M. Peligot, pour le verre fin et le cristal on emploie la terre de Forges seule ou mélangée dans la fabrication des pots; mais pour le verre à glace on préfère les argiles d'Andennes.

Voici la composition la plus usitée des creusets ou cuvettes; creusets : argile grasse de Forges 100 parties, ciment 100 parties, écailles de pots 10 parties; cuvettes :argile d'Andennes 350 parties, calcaire 260 parties, écailles 100 parties.

Les briques destinées à supporter une température continue extrêmement élevée doivent être fabriquées avec soin, à l'aide de terres réfractaires bien choisies et du sable blanc pur. L'expérience a appris qu'un four en bon état donne du meilleur verre qu'un four détérioré. La composition d'une pâte pour ces briques est de :

Terre de Forges 250 parties en poids ·

Argile calcinée provenant d'anciens fours 250 ;

Sable quartzeux purifié 100.

Actuellement on fabrique en Angleterre (Pays de Galles) des briques très-recherchées, faites avec du quartz aggloméré dans des moules en fer. Le silex

presque pur est réduit en poudre, mélangé avec 1 % de chaux et une quantité d'eau suffisante ; on façonne la matière en briques que l'on soumet à la cuisson à une température très-élevée.

II. — CRISTAUX.

« Par la pureté des formes, la qualité des matières employées, les cristaux doivent être placés en tête des produits de la verrerie.

En raison de l'oxyde de plomb qu'il renferme et qui serait réduit par les flammes du combustible, le cristal se fond dans des creusets fermés. Sa valeur dans le creuset est de 1f,50 le kilog. ; mais ouvré comme dans les verres minces, par exemple, il vaut 3f,50 ; son prix augmente encore avec la décoration qu'il reçoit : taille, gravure, dorure, etc., au point de devenir égal à celui d'une matière précieuse. La fabrication des cristaux colorés doubles, triples, dont on avait vu des spécimens très-remarquables à l'Exposition de 1867, a presque complétement disparu ; on préfère maintenant aux couleurs transparentes les couleurs opaques, et la verrerie proprement dite s'est emparée de cette spécialité qui avait eu tant de succès dans la cristallerie.

La verrerie a fait de grands progrès depuis 1867 ; elle fabrique du verre plus blanc, grâce à l'emploi de matières plus pures ; elle a imité les formes élégantes adoptées pour le cristal. En outre, les verreries se sont livrées à la fabrication des verres opacifiés par le spath fluor, et on fait dans cette branche spéciale une sérieuse concurrence au cristal. » *(Notice officielle.)*

L'art de fabriquer et de souffler le verre était connu et pratiqué, dès la plus haute antiquité, comme le constatent les recherches des archéologues et les vases trouvés dans les ruines. — Les Romains estimaient surtout les verres blancs ; cependant ils fabriquaient aussi les verres de couleur, les verres à deux couches, les verres irisés, qu'ils savaient d'ailleurs parfaitement tailler. On a découvert des coupes en verre admirablement taillées à jour, ce qui prouverait l'incomparable habileté des anciens verriers romains. Mais la verrerie tomba en décadence sous Gallien et ses successeurs, pour ne se relever plus tard qu'en Bohême, à Venise, et n'atteindre sa splendeur artistique qu'à notre époque.

Les verreries de Murano ont acquis à Venise dès les XIe et XIIe siècles une réputation considérable, qui se répandit rapidement en Orient et dans l'Europe méridionale ; les filigranes, les glaces, les cristaux de Venise ont même conservé une partie de leur ancienne renommée.

La verrerie autrichienne formait déjà sous les empereurs saxons une branche importante de commerce. Au XVe siècle, les verriers allemands cherchaient à imiter les produits de Venise ; mais dès le XVIe siècle, ils abandonnèrent cette voie d'imitation pour fabriquer des productions neuves et originales. — Les premières verreries de Bohême furent fondées en 1442 (Daubitz, St-Georgenthal), et en 1504 (Falkau, Krubitz) ; depuis lors la fabrication allemande a constamment progressé, les cristaux de Bohême ont conquis une grande réputation. L'industrie du verre s'est développée tardivement en Angleterre ; pendant longtemps la gobeleterie était tirée de France, des Pays-Bas et d'Allemagne. En 1589, il existait seulement 16 verreries en Angleterre. En 1635, Robert Mansell appliqua la houille au chauffage des fours de verrier. Dès le XVIIIe siècle, la gobeleterie anglaise était préférée aux verres allemands. — Vers cette même époque le cristal ou verre plombeux était découvert en Angleterre.

Enfin vers 1827, le cristal fondu au bois et à pots découverts était fabriqué à

St-Louis (Moselle), qui n'appartient plus à la France depuis nos désastres de 1870-1871. Le four Boétius est employé dans certaines cristalleries (fig. 5).

Cristallerie française. — La cristallerie française n'a à redouter aujourd'hui aucune rivale ; elle a suivi tous les progrès qu'ont faits la taille, le moulage et la gravure sur cristal. — D'ailleurs, c'est par ses productions que l'on juge de la valeur d'une industrie et du mérite de ceux qui la dirigent. Au point de vue du goût, du dessin, de la qualité, de la matière et du fini du travail, les produits français, qui ont été exposés, sont remarquables par leur beauté, la pureté du cristal, les reflets des couleurs, la finesse et la légèreté des tons, le fini du dessin et l'habileté d'exécution.

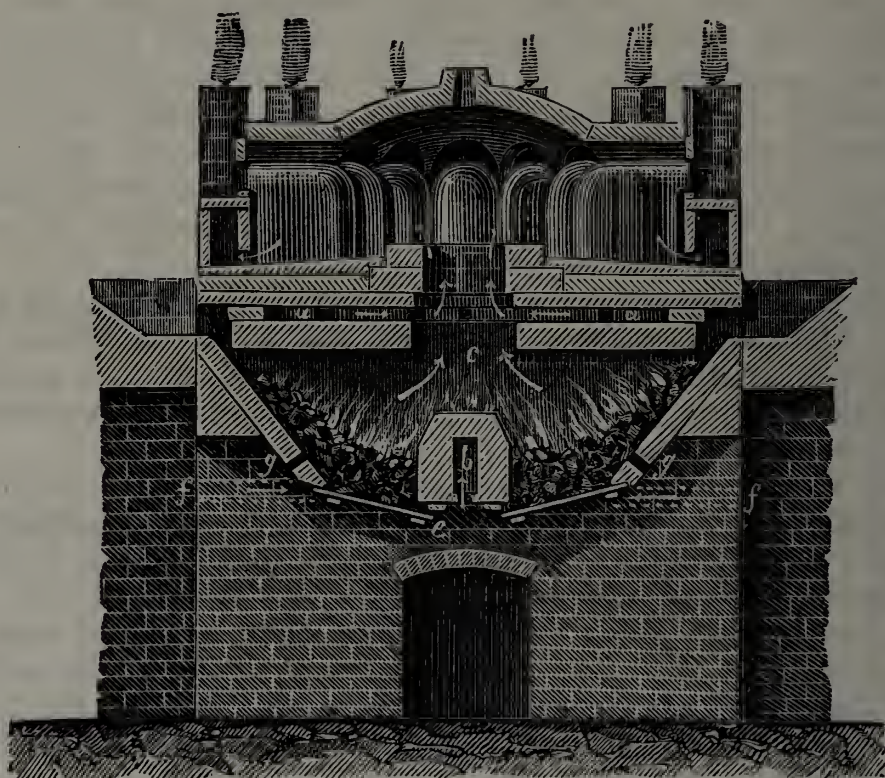


Fig. 5. — Four Boétius.

La cristallerie française fabrique aussi bien les cristaux demandés par le commerce que le cristal de luxe et d'optique ; elle produit le cristal ordinaire, la gobeleterie, le cristal de décoration, la mousseline, les émaux, les verres dichroïdes, le verre et les cristaux colorés, le verre rubis, le verre doublé, rubanné, filigrané, etc.

Baccarat. — *La cristallerie de Baccarat* (Meurthe-et-Moselle) est l'une des gloires de l'industrie française ; pour assurer la supériorité de sa fabrication, l'usine de Baccarat fabrique elle-même la plupart des produits qu'elle emploie, et, entre autres, le minium ; la potasse elle-même est raffinée dans l'établissement ; enfin les sables d'Épernay sont purifiés avec le plus grand soin.

A Baccarat, toutes les opérations se font de manière à économiser la main-d'œuvre, à produire parfaitement ; l'installation de l'usine résume tous les progrès qu'a faits la verrerie dans le chauffage, le travail et la composition chimique de la matière du verre. Le recuit s'opère dans une arche spéciale, longue galerie de 20 mètres de longueur sur un mètre de large, qui débouche dans la halle ou ateliers de fabrication ; la chaleur diminue progressivement d'une extrémité à l'autre ; les pièces terminées dans la halle mettent huit heures

pour traverser la galerie dans toute sa longueur ; par une de ses extrémités elle communique avec la flamme des fours.

En sortant du recuit toutes les pièces sont portées à la taille, puis livrées au commerce ; mais un grand nombre sont envoyées aux ateliers de décoration pour être gravées, peintes ou dorées.

La gravure se fait soit à la roue, soit à l'acide ; mais malgré les progrès de la gravure à l'acide, les objets gravés à la roue sont plus beaux et plus estimés.

La cristallerie de Baccarat, la plus importante de l'Europe, fabrique à elle seule la moitié des cristaux consommés en France ; elle expédie à l'étranger les sept dixièmes environ de sa production, qui est évaluée au double de la production de tous les autres établissements réunis ; on estime à 6,000,000 de francs la valeur de cristal qu'elle fabrique annuellement, enfin elle occupe environ 2,000 ouvriers ; sa principale maison de vente est à Paris.

L'établissement de Baccarat a été fondé dans la seconde moitié du XVIII[e] siècle (1765) ; le premier directeur de l'usine a été Antoine Renault, mort en 1806 ; en 1822 M. Godard Desmaret devint administrateur de la nouvelle Société de Baccarat avec M. Toussaint comme directeur ; en 1858, M. Godart fils prit en main la direction de l'administration ; l'administrateur actuel est M. Michaud. L'exposition de Baccarat était splendide ; l'énumération des pièces qui la composaient constituerait à elle seule une longue nomenclature ; elle renfermait des spécimens de tous les produits fabriqués à l'usine, cristaux ordinaires, cristaux de luxe, cristaux taillés, gravés, colorés, gobeleterie fine et gobeleterie du commerce, etc. ; cristaux montés, de fantaisie, d'éclairage, objets d'ornementaion, fontaines à colonnes, etc.

Cristallerie de Clichy de M. Maës. — La cristallerie de M. Maës, établie à Clichy depuis longtemps, est aussi remarquable par les produits qu'elle fabrique. Cette cristallerie, il y a une vingtaine d'années, marchait à la tête du progrès et souvent elle-même donnait l'impulsion ; la verrerie lui doit des perfectionnements dans les procédés, et même des découvertes importantes. Mais aujourd'hui elle vit sur ce passé glorieux, sans cependant que l'usine de Clichy ait cessé d'être un centre important de fabrication de cristaux de toute sorte.

M. Maës fabrique de beaux cristaux blancs, des cristaux de couleur, des cristaux gravés, taillés, des services de table, des cristaux d'éclairage et de fantaisie.

Cristallerie de MM. Appert frères. — La cristallerie de MM. Appert frères a été fondée à La Villette en 1856, et transportée à Clichy en 1875 ; son installation, son outillage, sont l'expression des progrès les plus récents de l'industrie verrière, qui lui doit déjà quelques perfectionnements importants, principalement dans la fabrication des verres de couleur, des émaux, etc. En effet, les frères Appert fabriquent du cristal, des verres d'optique, des verres mousseline, les cristaux pour service de table, les cristaux colorés, les verres pour la chimie, le *verre de Berlin*, les émaux, les verres colorés pour vitraux, pour la verroterie ; le stras, pour imiter les perles et les pierres précieuses ; le verre noir, imitation de jais ; les verres craquelés, cannelés, rubanés, millefiori ; les verres pour mosaïque, l'aventurine, etc.

Nous avons remarqué parmi les produits de MM. Appert, outre les cristaux, la gobeleterie, des verres pour plateaux, des verres circulaires épais coulés pour la marine, des tubes épais pour chaudières de la marine ; des verres colorés dans la masse, en rouge, bleu, vert, jaune, noir, etc., pour vitraux et décoration ; du verre jaune d'urane ou verre dichroïde avec reflets verdâtres, employé à la fabrication de globes ou de cylindres tronqués pour lampes ; des verres colorés pour

doubler ou tripler le verre blanc, verres à plusieurs couches superposées dont on enlève par la roue ou l'acide une partie, du verre opale translucide au phosphate de chaux ou au fluorure de calcium, des émaux pour l'hologerie ou la mosaïque, du verre rubané, du stras très-riche en plomb pour imitation du diamant, du stras coloré pour imiter le rubis, la topaze, le saphir, l'émeraude, l'améthyste.

La cristallerie de MM. Appert, qui a porté à un haut degré de perfection l'imitation de pierres précieuses, fabrique aussi des verres d'optique crown-glass, flint-glass, des verres pour phares, lampes marines, des verres de lunettes.

Les frères Appert possèdent à La Villette une fabrique spéciale d'émaux et de couleurs vitrifiables pour porcelaine, faïence, verre, cristal. Comme produits nouveaux fabriqués par MM. Appert, citons : 1° *des verres triplés* en teintes bleues et en teintes neutres pour verres de lunettes périscopiques à court foyer; 2° des cives de toutes couleurs bariolées, opales, etc., pour vitraux; 3° une mosaïque en verre de couleur, faite sur les dessins de M. Lavezzari; 4° des verres à vitres de couleur à plusieurs couches pour restauration et facsimile de vitraux anciens; 5° des *verres plaqués* de couleurs différentes sur les deux faces, pouvant être taillés ou gravés; 6° *opales* massives translucides; 7° des *verres et globes* en pâte de riz teintée à l'urane. L'usine des frères Appert à Clichy emploie une cinquantaine d'ouvriers verriers.

La cristallerie de Pantin (MM. Monot et Stump), fabrique des services de table unis, minces et gravés, des cristaux de fantaisie en tous genres et des articles d'éclairage.

La cristallerie de Sèvres (MM. Landier et Houdaille), fabrique aussi de belles productions; ses vitrines renfermaient des produits en cristaux ordinaires, cristaux de luxe et de fantaisie, services de table, gobeleterie de toute sorte.

La cristallerie de Saint-Joseph du Bourget (M. Paris), a exposé les cristaux et les émaux de sa fabrication; nous avons remarqué des cristaux de table, de fantaisie et d'éclairage, des mosaïques, des vases et meubles artistiques.

Les cristallerie et verrerie d'Aubervilliers (Lissaute et Cosson), fabrique spécialement des lampes, suspensions, appareils d'éclairage, siphons, carafes vases unis et décorés. (*MM. Meyer d'Épau)* (Nièvre), ont exposé des socles en cristal pour vases sous cylindres, de la gobeleterie de leur fabrication.

Parmi les fabricants de cristaux et de la verrerie fine, nous avons remarqué les produits suivants, qui méritent de fixer l'attention : le *cristal taillé, de M. Dewez* (Paris); les verres et cristaux émaillés, de M. Ercinie; les verres décorés, et gravés, de M. Gallé (Nancy); la gobeleterie taillée et moulée, les services de table, les verres opaques, les articles de fantaisie, de Mme Guerner à Croismare (Meurthe-et-Moselle); les cristaux taillés, gravés, émaillés, les élégants services de table, de M. Pannier-Lahoche (Paris); les cristaux taillés, gravés, décorés et peints, de M. Rousseau (Paris); les cristaux gravés à l'acide de M. Vilaume (Pantin).

Verres et cristaux de fantaisie. — Depuis quelques années, l'industrie du verre a subi une véritable révolution progressive; aujourd'hui, pour les cristaux et les verres de fantaisie, opaques, translucides, incolores, ou colorés, nos fabricants n'ont rien à apprendre de ceux de la Bohême ou de Venise. Nos industriels fabriquent couramment du verre teint dans la masse; du verre à deux ou plusieurs couches; des verres doublés, triplés, filigranés, rubanés, peints et décorés. Nos cristalleries produisent d'énormes quantités de vases et d'objets de toute sorte en verre opale et en pâte de riz qui, décorés

peints ou dorés, luttent avec les produits similaires en porcelaine. Les cristalleries de Baccarat, de Saint-Louis, de Sèvres, de Clichy, des frères Appert, etc., se sont principalement distinguées dans cette fabrication, comme on a pu s'en assurer par l'examen des produits qui ont été exposés au Champ-de-Mars.

Les vitrines de MM. Appert, de Baccarat, etc., renfermaient des verres à plusieurs couleurs superposées, ayant chacun une coloration particulière à masse principale incolore, destinés à recevoir de la dorure ou de la peinture ou à être livrés au graveur, qui enlève par la roue ou par l'acide une partie de chacune de ces couleurs et produit ainsi des effets variés. Les *verres opales, pâte de riz*, obtenus en ajoutant à la composition du cristal du phosphate de chaux ou du fluorure de calcium, sont fabriqués couramment à la cristallerie de Clichy; les frères Appert fabriquent non-seulement des émaux communs pour l'horlogerie, mais aussi pour application sur fonte, des émaux fins, sur or et autres métaux précieux. On les obtient en ajoutant à la pâte vitreuse, très-plombeuse, de l'acide stannique ou arsénieux. On fait aussi à la même usine en émail incolore ou coloré des tubes, des perles, des plaques dont on tire de petits cubes pour mosaïques en verre; les tubes en émail coupés de longueurs voulues, assortis et arrangés en nombre convenable, servent à obtenir le verre rubané; pour les millefiori, demi-sphères en verre plein, dans lesquelles on voit de petites fleurs, on coupe de petits cubes en émail que l'on recouvre d'une masse de cristal.

Voici la composition de quelques-uns de ces cristaux de fantaisie :

	I Verre opale.			II Verre demi-opale (pâte de riz).
	1	1	3	
Sable	125	600	100	100
Salin calciné	40	»	»	»
Carbonate de soude	40	»	»	»
Carbonate de potasse	125	27 à	28	50 à 55
Minium	450	32 à	35	»
Os calcinés	48	»	»	»
Spath fluor	»	14 à	14	»

Certains oxydes métalliques servent à colorer les verres et cristaux, en *bleu céleste* (oxyde noir de cuivre), en *vert perroquet* (uranate d'ammoniaque et oxyde de cuivre), *jaune citron* (oxyde d'urane), *gris pigeon* (oxyde de cobalt); les oxydes de manganèse, de fer, de chrome, etc., l'or, l'argent, le charbon, le soufre, sont des matières colorantes pour le verre.

Le *verre dichroïde* ou *jaune d'urane* est une nouveauté qui figurait pour la première fois dans nos Expositions françaises; il est employé à la fabrication de globes ou cylindres tronqués pour lampes, car il a la propriété d'absorber les rayons calorifiques de la flamme. Mais l'usage de ce verre n'est pas encore répandu; MM. Appert en fabriquent de très-beaux et élégants modèles. Une nouvelle nuance de verre jaune a été trouvée à la fois par Baccarat et par les frères Appert; ce verre a figuré à l'Exposition dans les vitrines des deux exposants.

Aventurine. — L'*aventurine*, verre de fantaisie, jaunâtre, d'origine vénitienne, dans lequel sont disséminés de petits cristaux brillants, se fabrique aujourd'hui dans nos cristalleries; les recherches de MM. Hautfeuille, Levol, Ebel, Pettenkofer, Pelouze, ont fait connaître la fabrication et la composition de ce verre qui se maintient de 10 à 20 fr. le kilogr.; les cristalleries de Clichy (Appert) et de Pantin ont exposé de beaux échantillons d'aventurine.

Cristal gravé. — La gravure sur cristal ou verre se fait à la roue, petite molette en cuivre couverte d'émeri, ou à l'acide fluorhydrique. L'Exposition de 1878 a renfermé de magnifiques échantillons de cristaux gravés; Baccarat surtout se distinguait par la beauté, l'élégance et le fini de ses dessins. La gravure chimique, qui a permis d'abaisser considérablement le prix du cristal décoré, doit à Baccarat et à Saint-Louis une partie des progrès qu'elle a faits et de la perfection à laquelle elle a atteint.

L'art de graver sur verre a été découvert en 1670 par un artiste de Nuremberg, nommé Heinrich Schwanhard; les procédés primitifs ont été perfectionnés par Tessié de Motay, Gugnon et Maréchal de Metz, qui ont fait faire des progrès considérables à l'art de décorer le verre. Pour graver sur verre, on emploie l'acide fluorhydrique liquide ou gazeux. Le verre est enduit d'un vernis sur lequel on trace les dessins au burin. Le procédé de M. Gugnon consiste à appliquer un dessin découpé à jour sur la plaque de verre induite d'une couche d'essence de térébenthine; on tamise sur sa surface une poudre fine de bitume de Judée ou de mastic en larmes, fondue par la chaleur; on fait mordre à l'acide pendant 30 à 40 minutes. Par ce procédé, deux verriers peuvent graver dans une journée de travail jusqu'à 20 mètres superficiels de verre à vitre ou à glace. M. Kessler imprime à l'encre grasse un dessin sur une feuille de papier, puis il applique cette feuille mouillée sur le verre à graver; l'encre adhère au verre, le papier se détache. La pièce est alors plongée pendant quelques heures dans le bain d'acide fluorhydrique; c'est le procédé de Saint-Louis et de Baccarat. Pour la gravure et l'écriture mates, l'étiquetage des flacons, bocaux, tubes, etc., M. Kessler recommande une solution de fluorure d'ammonium (encre de Kessler).

III. — GOBELETERIE ORDINAIRE.

Après le cristal, le verre de Bohême tient le premier rang parmi les autres verres; cette supériorité est due à sa blancheur et à sa pureté. Le verre de Bohême est composé de : sable provenant de quartz pilé 100 parties, carbonate de potasse 38 à 42, chaux éteinte 18, nitrate de potasse 1.25, arsenic 0.75. La fabrication des verres et gobelets dans des moules en bois et la suppression du pontil, donnent aux verres de Bohême une netteté que n'atteignent jamais les verres rognés au feu et ouverts avec les fers (Bontemps).

En France, la fabrication de la gobeleterie, au carbonate et au sulfate de soude, a permis d'obtenir des verres d'une assez belle qualité à bon marché. La gobeleterie a une très-grande importance commerciale; cette fabrication atteint un chiffre très-élevé. On fabrique dans notre pays des verres d'une qualité inférieure dite *verres en chambourin* ou *pivette*, avec lesquels on fait des verres et carafes de cabaret, les fioles de médecine, rouleaux pour sirops. Aujourd'hui cette fabrication de verre de qualité inférieure tend à disparaître; le verre blanc bien fondu se répand partout, les verres et carafes des cafés, les fioles de pharmacie, les flacons de chimie, etc., sont des produits de fabrication courante obtenue avec des verres bien fondus et de bonne qualité. Les articles pour restaurants, les bouteilles à eaux gazeuses, les cornues et autres appareils de laboratoire, constituent un commerce très-important de la gobeleterie commune.

Les fioles de pharmacie, les vases de chimie, les tubes, les cornues, etc., se fabriquent dans des verreries qui refondent des groisils (Sarthe, Seine-Inférieure, etc.).

On fabrique donc en France deux sortes de gobeleteries : la *gobeleterie com-*

mune qui sert pour les verres communs, la topeterie et la *gobeleterie fine* ou *demi-cristal*. La soude à l'état de carbonate ou de sulfate est toujours le fondant employé. M. Godart-Desmaret estime que cette fabrication a lieu dans 70 usines, occupe 20,000 ouvriers, emploie une centaine de fours, et livre au commerce pour près de 20,000,000 de francs de produits.

Pour une potée de 250 kilogrammes, on emploie à Trélon (Nord) : sable 200 kilogr., sel de soude 66 kilogr., chaux 50 kilogr.

Les fabricants français qui se sont fait remarquer à l'Exposision de 1878 par les produits de gobeleterie fine ou commune sont : MM. Aubriot, Rousseau et Cuchelet à Clairey, verres gravés et services de table ; MM. Avril et Bertrand (Nancy), service commun, flacons, bobèches, verres de lampes ; MM. Boissière de Tanville (Orne), verrerie pour chimie et pharmacie ; MM. Domont et Sauvageot (Paris), gobeleterie de table, objets taillés et montés ; MM. Schmid et du Houx de Fains (Meuse), verrerie pour services de table et de limonadiers.

Les verreries de Wallerysthal, Portieux (M. Mougin) à Portieux (Vosges), ont exposé des objets en verre fin ou demi-cristal unis, taillés et gravés ; M. Coyen (Paris), qui fabrique des flacons et carafons à glace, vissant verre sur verre, a

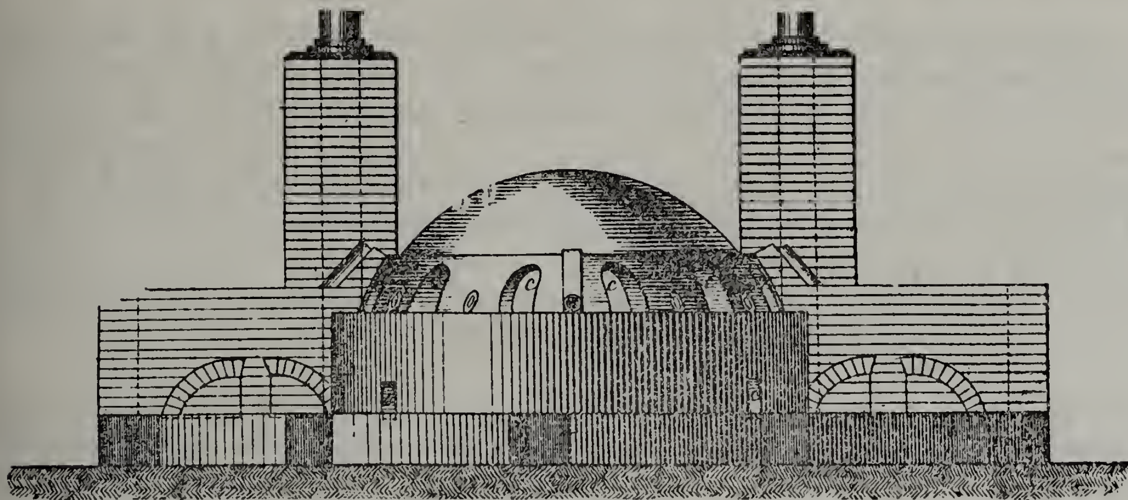


Fig. 6. — Fabrication du verre à bouteilles, four à cuvette et à travail continu.

exposé des échantillons de ses produits, destinés principalement à la chimie, à la pharmacie et à la parfumerie.

En traitant du cristal, nous avons cité les principaux fabricants de gobeleterie fine.

Bouteilles. — La fabrication du verre à bouteilles exige des matières premières de peu de valeur ; généralement on utilise les sables du pays ; la soude et la potasse sont, en grande partie, remplacées par la chaux, la magnésie, l'alumine. A Rive-de-Gier, à Givors, on emploie le sable du Rhône ; à Soissons et dans l'Aisne, les sables calcaires du pays (voir *Études sur l'Exposition de 1867 : verres et cristaux*). La fusion des matières premières s'opère dans des fours chauffés à la houille, contenant des creusets qui reçoivent de 600 à 1,000 kilog. de matière pilée, dont le rendement utile est de 80 $^0/_0$ de verre fondu. On fait par heure 75 à 80 bouteilles ordinaires ou 50 bouteilles de Champagne. Le travail, la fonte et le recuit de 100 bouteilles champenoises consomment 200 kilog. de houille : on compte 2 kilog. de houille pour 1 kilog. de verre. On fait 245 à 250 fontes par an et par four contenant 8 creusets. Ainsi 1,000 kilog. de composition donnant 800 kilog. de verre fondu fournissent 600 bouteilles fortes de 1 kilog. ou 750 de 800 grammes. On produit donc 6,000 bouteilles fortes par jour et pour un four à 8 pots et à 10 places, 180,000 par mois.

Le travail des bouteilles se fait avec une grande rapidité et avec le concours de quatre ouvriers ; le souffleur souffle la bouteille, la met au moule et en fait le fond et le collet. Pour avoir des bouteilles d'une capacité uniforme on se sert de moules métalliques à charnières. C'est ainsi que l'on fabrique des bouteilles bordelaises à fond plat, d'une capacité de 70 centilitres et du poids de 750 grammes. Dans la plupart des verreries on remplace aujourd'hui l'empontillage, avec le verre qui reste, par un sabot en fer dans lequel on encastre la bouteille ; le diamètre du sabot est réglé sur celui du moule ; en outre, on forme actuellement le col et la bague avec une pince. Les *bonbonnes* ou *dames-jeannes*, bouteilles d'une contenance de 18 à 20 litres, se travaillent comme les bouteilles, excepté qu'elles ne sont pas empontillées.

Les verreries à bouteilles consomment beaucoup de combustible ; à la verrerie de Blanzy, MM. Clémandot et Videau ont installé des fours à cuvette chauffés au gaz, ce qui supprime les creusets et réalise une économie de combustible (fig 6).

La couleur de nos bouteilles d'un vert plus ou moins foncé est due au silicate de protoxyde de fer ; les bouteilles anglaises sont presque noires, les allemandes d'un jaune brun, coloration produite par l'oxyde de manganèse.

« Le prix des bouteilles ordinaires, dit la *Notice officielle*, est de 15 fr. le cent, » celui des bouteilles à Champagne varie de 20 à 30 fr. le cent. C'est dans ces » limites de prix assez étroites que les fabricants doivent rechercher les moyens » de livrer un produit bien fait, solide et de contenance régulière. La grande » difficulté est d'obtenir économiquement de très-hautes températures. On a » d'abord eu recours à l'emploi du gaz pour chauffer les creusets, puis on a » essayé de se passer de creusets, soit au moyen de fours, à bassin contenant » de 12 à 14,000 kilog. de verre et fonctionnant par enfournements intermit- » tents, soit au moyen de fours à marche continue. »

La fabrication des bouteilles a acquis en France une importance considérable : la production annuelle était il y a environ cinq ans de 100 à 120 millions de bouteilles représentant une valeur de 18 à 22,000,000 de francs. La Champagne consomme en moyenne 16 à 20 millions de bouteilles par an. Enfin la grande consommation des eaux minérales pour la table a fait accroître considérablement la production des bouteilles, estimées aujourd'hui à 40,000,000 de francs dont 12,000,000 à l'exportation

Les fabricants de bouteilles de toute nature sont nombreux en France ; les principales verreries ont envoyé leurs produits à l'Exposition de 1878. Citons MM. Chagot et Cie, à Montceaux-les-Mines (Saône-et-Loire), dont la fabrication dénote des perfectionnements notables; MM. Chartier et Cie à Douai (Nord), qui fabriquent à la fois des bouteilles, des bonbonnes, des bocaux et des vases de verre ; les remarquables verreries de Trélon (Nord) ont envoyé une belle collection de bouteilles de toute nature; MM. Crétin et Cie, à Chagny (Saône-et-Loire), M. Deviolaine à Vauxrot, M. Édouard Roulet à Graville-St-Honoré (Seine-inférieure), M. de Granrut aîné à Loivre (Marne), M. Renard à Fresnes (Nord), fabriquent des bouteilles et demi-bouteilles pour vins, eaux minérales, des verres à vitres, des verres colorés. La verrerie de Lourches (Nord), manufacture fondée en 1710, est brevetée pour un procédé contre l'irisation du verre.

MM. Richarme frères à Rive-de-Gier (Loire), les verreries du Creusot, les verreries d'Épinac, la verrerie de Vieille-Loge (Jura), les verreries d'Hirson (Aisne), ont étalé, au Champ-de-Mars, les diverses variétés de formes de bouteilles qu'elles fabriquent. Les verres de ces bouteilles ont des nuances d'un vert noirâtre qui varie avec la provenance des matières qui servent à leur fabrication. Si on compare les produits de 1878 à ceux qui ont été exposés en 1867, on

constate un progrès dans la fonte du verre, la rapidité d'exécution, le chauffage, le prix de revient.

La plupart des verreries qui fabriquent des bouteilles produisent des verres à vitre; telles sont : les verreries de la Loire et du Rhône à Rive-de-Gier (M. Hutter) ; de MM. Richarme frères, etc.

IV. — VERRE A VITRE. — GLACES.

Verre à vitre. — Dans notre article *verres et cristaux*, publié dans les études sur l'*Exposition universelle de 1867*, nous avons fait connaître la composition et le travail du verre à vitre. On cherche surtout, dit la *Notice officielle* de 1878, dans la fabrication du verre à vitre, à produire le verre le plus blanc et le plus inaltérable possible. La blancheur dépend du choix des matières premières; pour diminuer l'altérabilité, on a trouvé récemment un procédé qui consiste à laver les feuilles au sortir de l'étendage dans une solution acide. Le verre devient plus solide et moins impressionnable aux influences atmosphériques. Il y a lieu de signaler un nouveau système d'étendage et de recuit basé sur l'emploi de grilles à leviers ou de chaînes sans fin, évitant la superposition des feuilles de verre les unes sur les autres qui présentait de sérieux inconvénients.

L'étendage se faisait, et se fait encore, au moyen d'un fer rougi au feu qui fend le manchon soufflé parallèlement au grand axe du cylindre. Dans un four spécial, les manchons fendus sont placés sur une table rectangulaire bien dressée portée sur un chariot; le verre se ramollit et s'étend en mince feuille, celle-ci est ensuite portée dans un autre four où elle se refroidit lentement.

Depuis quelques années l'usage du verre à vitre s'est considérablement répandu; deux procédés ont été longtemps mis en œuvre pour le fabriquer: *procédés des cylindres, procédé du verre en couronne.* Aujourd'hui la fabrication du verre à vitre tend à se concentrer dans le voisinage des exploitations de houille. En France, elle est très-importante dans le Nord, à proximité des mines d'Anzin, d'Aniche, de Douchy, etc.; dans le centre, dans le bassin houiller de la Loire et Saône-et-Loire; la production du verre à vitre est estimée à 15,000,000 de francs, dont 3,000,000 pour l'exportation. La Compagnie des verreries de la Loire et du Rhône produit annuellement 500,000 mètres superficiels de verre blanc et 75,000 mètres de verre de couleur; les verreries du Nord produisent 4 à 5 millions de mètres superficiels de verre à vitre ; la Belgique fabrique environ 6 à 7 millions de mètres; l'Angleterre 2 à 3 millions de mètres superficiels.

Un four donne annuellement 600,000 kilogr. de verre à vitre pesant de 2 à 3 kilogr. par mètre carré : il se consomme environ 3 kilogr. de houille pour produire 1 kilogr. de verre marchand. Le verre à vitre français est composé de silice, 69,6; chaux, 13,4; soude, 15,2; alumine, 1,4; oxyde de fer, et de manganèse, 0,4; les matières premières sont le sable, le sulfate de soude et le carbonate de chaux ou la chaux éteinte.

Le prix de revient du verre à vitre blanc est d'environ $0^f,28$ le kilogr., mais quand il est coloré sa valeur augmente et va jusqu'à $0^f,50$ et $0^f,55$ le kilogr., selon la teinte.

Les usines qui fabriquent le verre à vitre font aussi les cylindres de diverses formes : ronds, ovales, etc., pour pendules, vases à fleurs, etc.

Le *verre dépoli* est d'un emploi fréquent aujourd'hui; le dépolissage se fait ordinairement au grès et quelquefois aussi par le procédé de gravure au sable. Le *verre mousseline*, qui a reçu sur l'une de ses faces ou sur les deux un émail

blanc ou colorié à dessins variés, s'est très-répandu dans le commerce. Au moyen de l'acide fluorhydrique on produit des effets artistiques variés; on obtient aussi un *verre tulle* ou en *dentelle* d'un bel effet décoratif. Aujourd'hui on fabrique couramment des verres à vitre de couleur destinés à la peinture sur verre, aux vitraux et à l'ornementation. Les uns présentent une coloration dans toutes leurs parties ou sont *colorés dans la masse;* les autres sont formés d'une couche très-mince de verre coloré superposée sur le verre incolore : on les connaît sous les noms de *verres plaqués, doublés* ou *verres à deux couches*. Les plus usuels de ces produits sont les *verres bleus* au cobalt; les *verres violets* à l'oxyde de manganèse; les *verres jaunes* au charbon, au sulfure d'antimoine; les *verres verts* à l'oxyde noir de cuivre et à l'oxyde de fer, à l'urane; les *verres rouges* ou *pourpres* au protoxyde de cuivre, à l'acide stannique. Parmi les maisons françaises qui fabriquent des verres à vitres, nous distinguons : la *verrerie de l'Union* de MM. Lemaire à Aniche, dont l'usine puissamment outillée possède cinq fours à fusion, neuf fours à étendre, deux ateliers pour couper le verre, deux ateliers pour la composition et la préparation des matières premières; la fabrication de cette verrerie, qui emploie 300 ouvriers, est évaluée à 900,000 mètres carrés de verre à vitre par an.

Les verres à vitre de M. Lemaire sont spécialement destinés à l'étamage pour former ce qu'on appelle *glace Job;* cette usine alimente un certain nombre d'ateliers de Paris et de la province; elle fabrique aussi des verres pour devantures, des verres cannelés et dépolis, des verres pour gravures, des pannes doubles et demi-doubles, des verres pour serres et jardinières, dont des spécimens ont figuré au Champ-de-Mars. La verrerie de MM. Lemaire a fourni la vitrerie du Palais de l'Exposition de 1878.

Les verreries de Fresnes (Nord), fondées en 1710, ont exposé des verres à vitre fabriqués au moyen d'un nouveau système d'étendage; la Société anonyme des verreries et manufacture de glaces d'Aniche a exposé des verres à vitre de toutes espèces; des dalles brutes, polies et dépolies; des plaques de propreté, manchons de verre, verres dépolis, cannelés. M. Delille, à Aniche, des verres à vitre en feuilles et en manchons; la Compagnie des verreries de la Loire et du Rhône, des verres à vitre; M. Grelly (Saint-Denis), glaces pour vitrages et devantures, dalles; M. Parmentier à Fresnes, verres à vitre de couleurs.

Verre trempé. — La découverte la plus importante de la cristallerie faite dans ces dernières années est le durcissement ou la *trempe du verre*. En effet, la trempe donne au verre une force de résistance contre les chocs et contre l'action de la chaleur, évaluée de 30 à 50 fois la force du verre ordinaire. La *Société anonyme du verre trempé* ne s'est attachée jusqu'ici qu'à produire des articles pratiques ; elle a exposé des verres de lampes et des objets d'éclairage, des bobèches, de la gobeleterie et services de table, de la platerie, des articles de laboratoire, des verres pour vitrages, toitures, serres, châssis, glaces étamées, etc. Jusqu'ici les brevets de M. de la Bastie n'ont reçu leur application industrielle en France que pour la trempe du cristal ; mais dès à présent la *Société de verre trempé* livre à la consommation des articles en verrerie commune offrant les mêmes avantages que leurs similaires en cristal trempé ; d'ailleurs en Allemagne, en Bohême, en Amérique, les procédés de M. de la Bastie sont appliqués au verre comme au cristal.

Le verre ordinaire supporte rarement sans se briser les variations brusques de température ; au contraire, le *verre trempé* paraît indifférent à ces changements subits. Le verre trempé résiste aux chocs, le verre ordinaire très-fragile se brise facilement. Cependant le verre trempé n'est pas *incassable ;* il possède seulement une résistance supérieure à celle qu'on peut exiger dans les usages

auxquels le verre s'applique. Pour tremper le verre on l'immerge lorsqu'il est chauffé au rouge, dans un bain qui est lui-même à une température déterminée : la trempe est d'autant plus énergique que le refroidissement a été plus considérable. La température minima du bain varie avec la composition de verre, la forme, l'épaisseur, la dimension des pièces et la température du verre lui-même. On peut admettre que le bain doit être d'autant plus chaud que le verre est moins fusible. Ainsi le verre de Bohême se trempe dans un bain d'environ 300 degrés; le verre ordinaire à base de soude, dans un mélange d'huile et de graisse de 150 à 300° ; le cristal, dans un bain de graisse de 60 à 80°.

Dans une cristallerie, l'installation de la trempe, faite d'une façon continue, n'entraîne pas à des frais bien considérables; en établissant le prix de revient pour chaque objet et en admettant 10 % de casse et de déformation, ce prix serait approximativement, d'après M. Bourrée :

Pour les	gobelets de toutes formes de	0f,022 à 0,025
—	verres à gaz.	0f,030
—	verres de lampes.	0f,040
—	globes de lampes.	0f,050

M. Boîtel à Paris fabrique des objets en verre trempé à la vapeur.

Glaces et miroirs. — Les glaces se fabriquent par soufflage ou par coulage. La fabrication des glaces soufflées, longtemps monopolisée à Venise, introduite en France en 1665, a disparu peu à peu devant la fabrication par coulage dont les produits sont supérieurs. Cependant elle se maintient encore en Allemagne, principalement en Bohême, en Bavière, à Furth, à Nuremberg, etc., où cette industrie alimente quelques petites usines dont les produits trouvent un écoulement dans la consommation locale.

Le procédé de fabrication des glaces par coulage a été inventé par Lucas Nehou, et exploité par privilége par Abraham Thévart.

Saint-Gobain est pour les glaces françaises ce que Baccarat est pour la cristallerie. La prospérité de la manufacture des glaces de Saint-Gobain n'a pas été interrompue depuis 1702, époque de la création de la société Antoine Dagincourt et Cie. Néanmoins, pendant 50 ans, les produits laissaient encore beaucoup à désirer. En 1756 Pierre Deslandes, directeur de Saint-Gobain, introduisit de notables perfectionnements dans la fabrication des glaces par coulage. Au commencement de ce siècle, la fabrication des glaces coulées fut aussi établie sur une vaste échelle à Chauny, près de Saint-Gobain (1).

Pendant 25 ans, les glaces de Cirey ont fait concurrence à celles de Saint-Gobain; mais depuis longtemps les compagnies ont fusionné; enfin en 1868 la glacerie de Montluçon a été vendue à la Société de Saint-Gobain, Chauny et Cirey.

Les éléments essentiels du verre à glace sont : la silice, la chaux et la soude ; le verre de Saint-Gobain est composé de silice 73 %, chaux 15,5, soude 11,5.

Le sable doit être aussi blanc que possible et exempt de composés ferrugineux, comme d'ailleurs les autres matières premières. La fusion des matières, l'affinage, la braise durent 24 heures; la consommation est de 5,000 à 7,000 kilog. de houille par coulée; un four à 12 cuvettes peut fournir 80 à 100 mètres superficiels de glace pesant 2,000 à 2,500 kilog.; le mètre carré de glace revient de 20 à 24 francs selon les qualités.

La coulée des glaces est une opération difficile qui exige beaucoup d'ensemble et de promptitude ; le *polissage* comprend deux opérations : le *dégrossissage* et

(1) Voir *Etudes sur l'Exposition de* 1867 : *verres et cristaux.*

la *douci*. Les glaces polies, destinées à servir de miroirs, sont ensuite étamées ou argentées.

Les manufactures de glaces ont adopté dès le début les fours à gaz pour la fusion ; les appareils et les machines employés au doucissage des glaces sont l'objet d'études incessantes.

La miroiterie est une industrie essentiellement parisienne, qui a pour objet l'ornementation et l'encadrement des glaces. Depuis quelques années, l'emploi de la glace découpée pour l'encadrement des miroirs a pris une grande extension ; on donne à ce genre de glaces le nom de *miroirs de Venise*. La miroiterie consomme annuellement 190,000 mètres superficiels de glaces à raison de 25 à 38 fr. le mètre ; 50,000 mètres seulement sont exportés à l'étranger.

La manufacture de Saint-Gobain a exposé de très-magnifiques glaces d'une qualité irréprochable ; l'une d'elles avait une superficie de 26 mètres ; son exposition a montré sa supériorité et la maintient au rang distingué qu'elle s'est fait dans l'industrie de la verrerie.

Les industriels qui dirigent Saint-Gobain ont su porter la fabrication des glaces coulées à un point de perfection qu'il serait difficile de dépasser.

La Société des glaces de Saint-Gobain a exposé, outre des glaces étamées et argentées, des glaces en blanc, du verre brut, du verre à relief, du verre coulé pour les lentilles des phares, etc.

La Société anonyme des verreries et manufactures des glaces d'Aniche, a exposé : glaces en blanc, glaces étamées, glaces de couleur, etc. ; la *Société de Floreffe*, glaces en blanc, glaces étamées.

Ces manufactures, dont la fabrication est vraiment remarquable, sont de sérieuses rivales de Saint-Gobain au point de vue de la beauté et de la perfection des produits. A Paris, l'industrie des glaces et miroirs, des miroirs artistiques, des glaces biseautées, des glaces argentées, des glaces genre Venise, occupe un nombre considérable d'ouvriers ; les principaux fabricants de la miroiterie sont : MM. Baulard, Bay, Benda, Boucher, Buquet, Campain, Daumesnil, Girardin, Hazard, Martin, Paillard, Radius, etc.

La manufacture des glaces de Saint-Denis (M. Grelley), fabrique des glaces étamées et des glaces argentées remarquées.

Parmi les fabricants de miroiterie de Paris, les uns fabriquent les glaces ordinaires, les autres les glaces de luxe et les miroirs artistiques, quelques-uns les glaces de Venise.

Parmi les fabricants du genre Venise, nous signalons MM. Bay, Bremard, Hazard, Radius. MM. Campain Fuchs, se sont fait remarquer par leurs glaces biseautées et leurs miroirs Louis XIII.

V. — ÉMAUX ET VITRAUX.

L'*émail* est un verre plombeux produit au moyen de l'acide stannique ou de l'acide arsénieux et fusible à une température peu élevée ; on s'en sert pour recouvrir des plaques métalliques, des cadrans, les poteries de fer, pour faire des verres ou des cristaux à plusieurs couches.

Les émaux servent en verrerie fine, par l'incorporation, à la préparation des couleurs ; avec eux on peut peindre des fleurs et des objets variés ; ces émaux colorés sont le blanc, le grisaille, le noir, le jaune, le bleu, le vert, le rouge, le rose. Ces couleurs sont généralement mélangées avec des fondants qui facilitent leur fixation sur le verre.

Parmi les fabricants d'émaux nous distinguons particulièrement la maison

Appert fondée en 1832, qui commença par fabriquer des *cristaux en galette, émaux pour cadrans de montres et pendules, émaux pour or et argent, couleurs en tubes, couleurs artificielles, émaux blancs et de couleurs broyés*, etc.

En 1856, M. Appert père fonda l'usine de La Villette où il fabriqua, outre les émaux, des *tubes de verre et de cristal, cristaux à tailler*. Dès 1865 les frères Appert développèrent la fabrication des *émaux, émaux blancs pour mousseline, émaux pour fer et fonte, pour mosaïque et faïence, émaux de couleur pour plaques;* enfin en 1875 l'établissement de La Villette a été transféré à Clichy, où se fabriquent des *verres en feuilles, verres extra blancs, verres de couleur, des verres pour chimie, verres pour décors, etc.*

L'exposition de MM. Appert renfermait une belle collection d'*émaux* de toute sorte, *des cadrans émaillés, des perles, du verre filé, des palettes en porcelaine, un vitrail d'échantillons, des verres décorés, des verres roses, des opales, etc.*

Parmi les autres fabricants d'émaux, nous remarquons MM. Brunetti et Martin, de Paris.

La verrerie et la cristallerie, par les nombreuses applications qu'elles offrent à la décoration, à l'ornementation et à l'ameublement, forment une branche importante dans l'industrie chimique qui, par certaines de ses parties, se rattache à l'art industriel.

Vitraux. — « Les vitraux peints et gravés constituent une industrie artistique, qui s'est développée considérablement en France depuis une trentaine d'années.

On peut évaluer à 500, dont un dixième se trouve à Paris même, le nombre total des ateliers où se produisent les vitraux peints et gravés, et à 5,000 celui des dessinateurs, des peintres, des ouvriers coupeurs et des metteurs en plomb employés dans cette industrie.

C'est sur des vitres de couleur, fabriquées dans des usines spéciales et principalement dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, que les peintres verriers proprement dits dessinent et produisent les détails du tableau qu'ils se proposent de représenter. La fabrication des verres plats de couleur a atteint un grand degré de perfection et a mis à la disposition des peintres verriers une palette aussi riche que variée.

Les vitraux français sont exportés dans tous les pays du monde, en Australie comme en Italie et en Espagne, en Chine et aux Indes comme en Allemagne et en Angleterre, aux États-Unis, aux Antilles et dans toute l'Amérique du Sud. La faveur dont ils jouissent n'est pas due seulement au goût, à l'habileté d'exécution et à la science décorative des peintres verriers français, mais aussi au bon marché relatif de leurs œuvres. » (*Notice officielle*).

Les principaux fabricants de vitraux pour églises, dont les sujets sont dignes d'attirer l'attention par leur beauté, leur parfaite exécution, l'art de la décoration et le coloris du dessin, sont : MM. Robouneau (Paris), Bourgeois (Paris), Chabin (Paris), Champigneulle (Bar-le-duc-Salvanges), ancienne maison Maréchal de Metz, Coffetier (Paris), Didron (Paris), Ély (Nantes), Guilbert d'Anelle (Avignon), Haussaire (Reims), Hirsch (Paris), Honer (Nancy), Hucher (Mans), Lefèvre (Paris), Leprévost (Paris), Lorin (Chartres), Marquant-Vogel (Reims), Nicod (Paris), Rigaud (Toulouse), etc.

Les principaux fabricants de vitraux pour appartements, édifices civils et l'ornementation, sont : MM. Anglade (Coudom), Bazin (Mesnil-Saint-Firmin), Betterlin (Paris), Bourrières (Paris), Carton (Paris), Chateteau (Paris), Crapoix (Paris), Dandois (Vincennes), Delalande (Paris), Dunien (Paris), Fèvre (Paris), Frémotte (Neufchâteau), Lévêque (Beauvais), Mathieu (Paris), Ottin (Paris),

Pomés (Bordeaux), Ponsin (Paris), Réquier (Paris), Soullard (Paris), Vantillard (Paris), Vincent (Paris), Delong, etc.

L'exécution des vitraux est une question d'art que nous ne devons pas aborder ici; mais nous pouvons résumer les conditions matérielles du travail; M. Bontemps les condense comme suit :

1° Le verre doit avoir une épaisseur convenable, on ne saurait tolérer une épaisseur moindre de trois millimètres ;

2° La mise en plomb doit être solide, les soudures soignées et bien étamées ;

3° Les panneaux ne doivent généralement pas avoir plus d'un mètre à un mètre et demi de superficie et être consolidés par des tringlettes.

Le prix de revient de la peinture sur verre est très-variable, les verres mousselines à dessin transparent sur mat se vendent à peu près 10 francs le mètre ; teints en jaune, 25 à 35 francs ; mais s'il s'agit d'*œuvres d'art*, de vitraux imités des XVe et XVIe siècles, on peut estimer de 250 à 300 francs le mètre superficiel.

Mosaïques. — Les mosaïques s'obtiennent au moyen de petits cubes ou de disques accolés qui servent à faire des dessins, des peintures; ces cubes sont en émaux, en marbre, en pierres diverses. L'art du *mosaïste* était pratiqué par les Égyptiens qui l'ont transmis aux Grecs et aux Romains; l'Italie a conservé les belles traditions des anciens mosaïstes. La mosaïque fine en émail constitue donc une œuvre d'art analogue à la peinture employée pour décorer les voûtes et les murs.

Des mosaïques ont été exposées au Champ-de-Mars ; quelques fabricants de vitraux en ont représenté des spécimens ; l'Ecole de mosaïque de Sèvres, où d'habiles artistes romains travaillent, a exposé une belle mosaïque décorative. M. Salviati, de Venise, connu par les mosaïques en verre qui décorent l'avant-foyer du nouvel Opéra, a apporté au Champ-de-Mars des échantillons de mosaïque.

VI. — VERRES ET CRISTAUX D'OPTIQUE : CROWN-GLASS, FLINT-GLASS. VERRES POUR PHARES.

Les instruments d'optique exigent pour l'*achromatisme* l'emploi de deux espèces de verres de densités différentes, c'est-à-dire le *flint-glass* et le *crown-glass.* C'est au célèbre Euler qu'est due la découverte de l'achromatisme (1747). En 1766, l'Académie des sciences proposa un prix, décerné en 1773, pour le meilleur procédé de fabrication du verre pesant, ayant toutes les propriétés du flint-glass ; un nouveau concours sur la même question fut ouvert en 1786. Mais le problème resta sans solution ; il était réservé à un ouvrier suisse, Pierre-Louis Guinand, de porter à un haut degré de perfection la fabrication des verres d'optique.

Enfin, en 1839, la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale* décerna deux prix qui furent partagés entre M. Guinand fils, qui perfectionna et fit connaître le procédé de fabrication inventé par son père, et M. Bontemps, qui avait lui-même amélioré des masses volumineuses de flint-glass.

La fabrication des verres d'optique par les procédés Guinand est restée, depuis son origine, entre les mains de la même famille ; M. Ch. Feil, arrière-petit-fils de Guinand, fait aujourd'hui à Paris les verres d'optique les plus estimés; il a lui-même apporté dans l'industrie du verre des perfectionnements importants.

M. Feil a exposé des disques en crown et en flint d'une beauté remarquable ; des verres d'optique, taillés depuis 1,500 francs jusqu'à 20,000 francs la pièce ; les prismes en crown-glass ont des densités de 2,80 ; 2,60 ; 2,55 ; 2,50 ; 2,44 ; ceux en flint-glass, 3,64 ; 3,700 ; 3,900 ; 4,100 ; 4,900 ; 5 et 5,500.

Une autre particularité de l'exposition de M. Feil, était la vitrine qui renfermait les résultats des essais de reproduction artificielle de différents minéraux et des études sur les métaux terreux et la dévitrification. La reproduction artificielle des minéraux silicatés ou aluminatés, tels que rubis, faits en collaboration de M. Frémy, a donné des résultats satisfaisants ; nous y avons remarqué de beaux cristaux de rubis, etc.

Un bon verre d'optique ne doit pas seulement avoir les conditions de transparence et de dureté, mais encore toutes les parties doivent être homogènes ; le flint-glass de bonne qualité est un verre très-dense, très-homogène, exempt de stries, de bulles et aussi peu coloré que possible ; il se fabrique en fondant : sable 100 kilogr., minium 100 kilogr., potasse 50 kilogr., dans un pot couvert placé dans un four rond.

Le crown-glass, sorte de verre à glace sans plomb, s'obtient en fondant : sable blanc 120 kilogr., potasse 35 kil, sel de soude 20 kil., craie 15 kil., arsenic blanc 1 kil. On l'emploie pour les lunettes de spectacle, les objets de petite dimension. La manufacture de Saint-Gobain fabrique des crown-glass pour les lentilles en échelons des phares.

Lentilles des phares. — MM. Sautter et Lemonnier (Paris) ont exposé des spécimens d'un phare et divers échantillons de *lentilles en échelons*. Le verre destiné à la fabrication des lentilles en échelons est fourni par la manufacture de Saint-Gobain ; il est moulé dans les formes ou moules fournis par le constructeur de phares. Les dimensions des moules dépendent des grandeurs que l'on veut donner aux lentilles ; généralement c'est sous une forme annulaire ou en panneaux que le verre arrive à l'atelier de construction. L'exposition de Saint-Gobain renfermait plusieurs échantillons de dimensions variées de ces verres à formes annulaires.

Le verre, d'une teinte légèrement verdâtre, est soumis au dégrossissage. L'anneau est placé sur un tambour cylindrique tournant sur son axe ; le tambour est formé lui-même de deux cylindres concentriques à axe très-court. Sur la circonférence du cylindre intérieur se trouve un support destiné à recevoir l'anneau de verre formé de plusieurs pièces, lorsqu'il a un diamètre considérable. Une sorte de patte métallique, portant un tampon constamment enduit d'un grès très-fin, se présente continuellement à la face concave ou convexe de l'anneau qui tourne avec le cylindre. Il y a ainsi usure du verre, dégrossissage : la pièce est amenée aux dimensions voulues.

L'anneau ou le panneau dégrossi est ensuite poli à l'émeri, au moyen des mêmes appareils cylindriques, dont les dimensions varient selon la grandeur des pièces à polir ; les verres polis sont ensuite montés en lentilles.

A l'usine de MM. Sautter et Lemonnier, on travaille aussi et on prépare les verres de grandes dimensions pour instruments d'astronomie, les grands miroirs pour télescopes.

Le verre *flint-glass* ou *crown-glass*, qui doit être transformé en miroir sphérique ou parabolique, est d'abord moulé en cylindre, ensuite il est dégrossi et amené, par ce dégrossissage, aux dimensions voulues. Ce premier travail, pour un diamètre de 60 à 80 centimètres, exige de trois à quatre mois ; ensuite, pour donner au miroir sa forme concave ou convexe, on place dans le plan horizontal du verre une pièce métallique mobile de section sphérique ou parabolique, concave ou convexe, enduite d'une bouillie d'un grès

pilé ou sable fin. On use ainsi le verre en lui donnant la forme exigée, ensuite on le polit.

Une fois les anneaux ou les panneaux des lentilles préparés d'une manière convenable, on les monte en *échelons*. Les pièces de montage sont ordinairement en bronze; on les fabrique dans l'atelier de mécanique, ainsi que les enveloppes métalliques des phares, les coupoles ou dômes.

L'Exposition de 1878, section française, renfermait des modèles de phares provenant : 1° des ateliers de MM. Sautter et Lemonnier; 2° de la maison Barbier et Fenestre (à La Villette); 3° de chez M. Henri Lepaute fils (Paris), l'une des plus anciennes maisons pour ce genre de construction.

Le pavillon du ministère des travaux publics présentait des spécimens de tours pour phares construits sur nos côtes ; l'exposition de la navigation contenait aussi des lampes et appareils d'éclairage pour la marine.

Exposants étrangers.

Bohême (section Autriche-Hongrie). — Les verreries de la Bohême, généralement situées au milieu de grandes forêts, se trouvent dans de meilleures conditions de fabrication que chez nous : la main-d'œuvre, les matières premières, le combustible, tout est à meilleur marché qu'en France et qu'en Angleterre. On peut diviser en trois classes les verreries de la Bohême : 1° celles dans lesquelles tout le travail se fait dans l'usine; 2° celles qui ne font que le *brut*; 3° les *raffineries*.

L'ornementation des verres de luxe se fait surtout dans les environs de Steinschönau et de Haïda ; dans ces districts, on compte 2,382 entreprises industrielles pour le polissage, la peinture, la dorure, le brunissage, etc. ; on compte en outre 8,200 ouvriers travaillant en chambre. La valeur annuelle de ces raffineries serait, dit-on, de 40 millions de francs.

L'industrie des petits objets en verre présente aussi une importance réelle; elle s'exerce surtout dans le nord de la Bohême, dans le cercle de Goblonz, Tannwald et Morhchensten. On y rencontre 9 verreries, dont plusieurs font usage de fours à gaz ; 67 fabriques de composition de verre, 250 fabriques de pressage, plus de 400 moulins à polir, 160 filatures de verre, 100 souffleurs de perles, 250 souffleries plus grandes pour les objets de passementerie, 120 fabriques pour colorer les verres pour perles, imitations de fruits ; 180 maisons de commerce exportent ces produits. En résumé, cette fabrication occupe 10,000 ouvriers, et 30,000 personnes y trouvent leurs moyens d'existence. La valeur de ces produits est évaluée de 7 à 8 millions de francs. La *fabrication des verres à double enveloppe, avec argenture intérieure*, souvent ornés de décors mats ou de pièces émaillées, occupe à elle seule un nombre considérable d'ouvriers. Enfin, on estime à plus de 60 millions de francs les diverses sortes de verres fabriqués en Autriche.

Le verre de Bohême rivalise avec le cristal par la beauté, et avec la gobeleterie commune par le bon marché; il reçoit, par la taille, un très-beau poli ; sa teinte est généralement jaunâtre; il est difficilement fusible, dur et éclatant; les verriers de la Bohême excellent dans la fabrication des verres colorés dans la masse, dans la gravure ; la composition est de 100 parties de quartz pulvérisé, 13 à 15 parties de chaux éteinte, 28 à 32 parties de carbonate de potasse.

Cette composition s'emploie pour les objets en gobeleterie, verres de fantaisie, perles, boutons, etc.

La gobeleterie de la Bohême présente à la fois blancheur, finesse et bon mar-

ché ; ses verres colorés ne sont pas d'un prix plus élevé que celui de nos beaux verres blancs; enfin, la dureté du verre de Bohême se prête admirablement à la décoration au moyen de couleurs de moufle. Mais cependant on peut affirmer aujourd'hui, dit M. Peligot, que la France n'a plus rien à redouter de la concurrence de la Bohême.

L'exposition de M. Lobmeyer, de Vienne, était magnifique, splendide ; à elle seule, elle renfermait tous les produits de la verrerie de Bohême, savoir : cristaux gravés, taillés, colorés, décorés; cristaux peints de toutes couleurs; articles de fantaisie, d'ornementation, gobeleterie, verres rubis, lustres, candélabres, glaces; variétés nombreuses de verres de Bohême, etc.

M. G. Ullrich (Wilhelms près Iglau) a exposé de beaux spécimens de cristaux de Bohême, de la gobeleterie ; M. Ludwig Moser, des cristaux décorés; M. Clemens Rasch (Ulrichsthal), des articles de fantaisie et de la gobeleterie ; M. Josef Ahne (Steinschönau), peintures sur verre, vases à fleurs, services de toilette, etc.; M. Julius Mühlhaus (Haïda), cristaux blancs et colorés, cristaux taillés; M. J.-J. Gurtler (Meistersdorf), cristaux, vases et objets de fantaisie; MM. Grehmann et Kessler, divers spécimens de verres de Bohême; M. Franz Wagner, vases, coffrets, objets montés ; MM. Chindler et Velt (Goblons), perles, boutons, pierres et bijouterie de Bohême. Madame Jules de Brunfaut (Vienne), veuve d'un industriel français, a exposé des produits nouveaux, savoir : des tissus de verre colorés ou blancs, du verre filé; nous avons remarqué des plumes artificielles pour chapeaux, des cravates, des chemisettes, etc., très-légères, souples, d'un aspect soyeux éclatant, d'un très-bel effet. Il nous semble que cette industrie naissante est destinée à prospérer.

Russie. — La Russie n'a eu que deux exposants verriers : l'un, qui fabriquait des bouteilles; l'autre, du verre à vitre.

Belgique. — La verrerie est une industrie importante de la Belgique; les fabriques de glaces, de verre à vitre, de bouteilles, etc., y sont renommées.

Parmi les exposants de la section belge, nous avons remarqué : *Cristallerie ; Société anonyme des verreries réunies de Boussu* (Hainaut), qui fabrique de la verrerie pour gobeleterie, objets d'éclairage, verres rubis, verres peints, verre opale, pâte de riz, produits fabriqués à la Soude-Solvay : magnifique exposition.

Cristallerie et verreries namuroises (Namur) : gobeleterie, verres colorés, taillés, verre opale, etc.

Glaces. — Les manufactures de Courgelles (*Société anonyme de Courgelles*), de Hainaut (*Société anonyme de glaces et verréries*), de *Sainte-Marie d'Oignies* ont exposé de belles glaces étamées d'un verre très-pur.

Angleterre. — La cristallerie anglaise était représentée à l'Exposition par quelques fabricants ; mais deux principalement se font remarquer par leur belle exposition de cristaux de toute nature, la pureté du cristal et la beauté des produits.

M. Osler (Birmingham) a exposé des cristaux, des candélabres, services de table, objets d'ornements, etc. M. James Powell, M. Kilner, M. James Greend, M. Hodgetts, etc., ont exposé des glaces, des cristaux, de la gobeleterie, etc. ; enfin, M. d'Hurny a exposé des verres, cristaux avec métaux précieux fondus et incrustés dans la masse vitreuse.

La cristallerie anglaise a fait des progrès même depuis 1867, les formes sont plus élégantes qu'autrefois ; le goût artistique s'est considérablement développé : à l'élément industriel et commercial, s'est ajouté un nouvel élément de perfectibilité, l'art.

Italie. — La verrerie et la cristallerie italiennes étaient représentées à l'Exposition par deux fabricants de Venise : M. Salviati et la *Société anglaise de Venise et Murano.*

La réputation de M. Salviati n'est plus à faire ; cet industriel a fait revivre l'ancienne et classique industrie des verres soufflés de Murano ; sa manufacture de Santa-Maria-del-Giglio date de 1859 ; elle fabrique deux branches distinctes de produits, savoir : les mosaïques, mosaïques monumentales, émaux pour mosaïques ; 2° les verres soufflés, les verres émaillés, les verres colorés pour vitraux, les miroirs de Venise, les imitations de pierres fines, les vases murrhins, les lustres, les candélabres, etc.; des échantillons nombreux de ces sortes de verres décoraient les belles vitrines de M. Salviati.

La *Compagnie des verres et mosaïques de Venise et Murano* a été fondée en 1866 ; depuis cette époque elle n'a cessé de perfectionner ses procédés de fabrication. Elle a exposé dans ses belles vitrines du Champ-de-Mars des verres émaillés, style veneto-bysantine ; des verres soufflés non émaillés, verres romains et pâtes à imitation des murrhins antiques et des pierres orientales, des émaux et travaux de marqueterie en verre, des lustres et candélabres, des miroirs, des mosaïques de toute sorte, etc.

Les produits de la cristallerie et de la verrerie chez les autres nations de l'Europe ne méritent pas que l'on s'y arrête; quand on a visité les productions de la Bohême, de la France, de Venise, de l'Angleterre et de la Belgique, on a vu tout ce que l'art et l'industrie du verre peuvent produire de beau, de fini et d'élégant.

A. F. Noguès.

LA PHOTOGRAPHIE

PAR M. PAUL NANCEY

SOMMAIRE.

I. — RÉSUMÉ HISTORIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE.

Parmi les plus merveilleuses découvertes de la science, un grand nombre, il faut bien l'avouer, ne sont dues qu'au hasard. Que de fois, surtout si nous nous reportons à l'époque où les chercheurs n'avaient comme point dé départ de leurs travaux que les vagues et peu concluants résultats obtenus par leurs devanciers, un liquide ou un produit quelconque tombé par accident, ou jeté dans un creuset par un mouvement de dépit ou de découragement, a fait découvrir ce que l'on ne cherchait pas, mais ce qu'on était si heureux d'avoir trouvé!

Au XVIe siècle, Fabricius, un alchimiste qui avait passé de longues années de sa vie à la poursuite de cette merveille introuvable, de cette panacée universelle, de ce rêve des adeptes de l'art sacré, la pierre philosophale, à laquelle on prêtait toutes les propriétés, depuis celle de transmuter les métaux jusqu'à celle de prolonger l'existence humaine, découvrit le premier l'action du rayon solaire sur un précipité qu'il avait obtenu en jetant du sel marin dans une dissolution de sel d'argent (chlorure d'argent). A peine eût-il apporté ce produit à la lumière vive, qu'il le vit perdre peu à peu sa blancheur et au bout de quelques instants devenir absolument noir.

Fabricius constata ce phénomène dans son livre des métaux, et sans s'occuper davantage d'une découverte qui devait plus tard servir de base à la photographie, il continua ses recherches infructueuses à la poursuite d'un rêve qu'il n'était pas donné à la science de transformer en réalité.

J.-B. Porta, célèbre physicien napolitain, trouva le principe même de la photographie (fig. 1), la *chambre noire*, dont il parle longuement dans son ouvrage *magiæ naturalis lib.* (1589). Il avait remarqué que si dans une chambre absolument obscure, on laissait entrer le jour par une très-petite ouverture, l'image des objets placés en face de cette ouverture venait se reproduire sur le mur ou sur un écran placé dans ce but. Il découvrit aussi qu'en faisant passer les rayons lumineux par une lentille, l'image devenait d'une netteté très-

grande pourvu que l'écran fut à une certaine distance, qu'il était du reste facile de trouver en avançant ou en reculant l'écran jusqu'à ce que l'image eut atteint son maximum de netteté. Dans la chambre noire toutes les images sont renversées : les objets placés à droite sont vus à gauche, ceux qui sont en haut apparaissent en bas; par exemple, un homme, vu dans la chambre noire, aura la tête dans le bas de l'écran, et les pieds dans le haut. Si dans la réalité il est tourné vers la droite, il semblera tourné vers la gauche.

Scheele, le chimiste de Stralsund, étudia vers la fin de sa vie (1777) l'action de la lumière sur le chlorure d'argent, mais sans parvenir à un résultat pratique qu'obtint quelques années plus tard Charles (né à Nancy en 1746). Physicien, membre de l'Académie des sciences, il avait assisté avec tout l'enthousiasme d'un savant passionnément épris des progrès scientifiques, aux remarquables expériences des frères Montgolfier, et il dirigea presque tous ses efforts vers les travaux aérostatiques. Il avait cependant su appliquer la découverte de Porta à celle de Fabricius, c'est-à-dire utiliser la chambre noire à produire des images sur du papier sensibilisé par le chlorure d'argent.

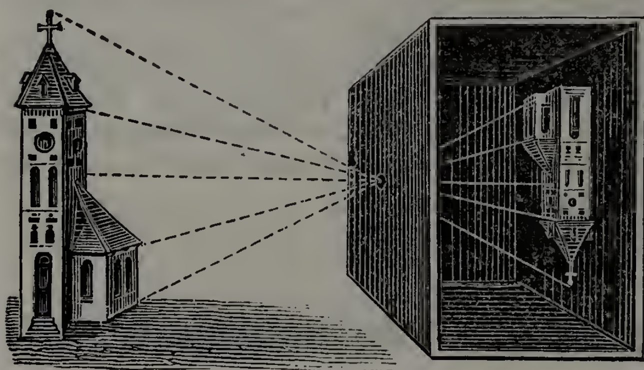


Fig. 1. — La chambre noire.

Ainsi en 1780, la science avait en sa possession les deux grands principes de la photographie.

On raconte de la façon suivante la manière dont procédait le physicien Charles.

Dans une chambre obscure où il ne laissait pénétrer les rayons lumineux que par une ouverture d'environ 20 centimètres de diamètre, il avait établi un châssis sur lequel était fixée une feuille de papier blanc imprégnée de chlorure d'argent, il plaçait ce châssis en face de l'ouverture lumineuse et faisait asseoir un des spectateurs de l'expérience, de façon à ce que sa tête se dessinât en silhouette sur le papier blanc. Toute la partie de ce papier qui restait frappée par la lumière devenait noire et le profil du personnage se découpait naturellement en blanc.

Bien entendu, ces images ne pouvaient être vues que dans la demi-obscurité et, n'étant pas fixées, ne devaient avoir aucune durée.

Wedwod, James Watt, répétèrent ces expériences, mais ne parvinrent pas à des résultats beaucoup plus perfectionnés. Toute la gloire de cette merveilleuse invention devait revenir à Daguerre et à Niepce.

Nous n'avons pas ici l'intention de faire l'histoire de la photographie, de raconter les détails si intéressants de la naissance de cet art, aujourd'hui tellement répandu, qu'il n'existe pas un pays civilisé où il ne soit connu et apprécié.

Nous voulons nous borner aux quelques notions historiques nécessaires pour montrer au lecteur avec quelle rapidité il a grandi, et comment, né d'hier, il est arrivé aujourd'hui à un si haut degré de perfectionnement.

Daguerre commença par être peintre décorateur, et travailla quelque temps dans les ateliers de Degotti, où son intelligence, sa hardiesse de procédés dans l'exécution des toiles à effet, son habileté à résoudre les problèmes de mécanique pour la mise en scène, lui valurent tout d'abord une certaine réputation. En 1832, associé au peintre Bouton, il attirait tout Paris à un diorama fort ingénieux, qu'il avait installé sur les boulevards et que l'on regardait alors comme une véritable merveille; mais tout cela ne satisfaisait pas encore ce jeune homme à l'imagination vive, à l'esprit chercheur, qui rêvait une invention plus belle.

L'expérience de Charles lui revenait continuellement à la pensée ; comme lui, il représentait sur le papier sensible des silhouettes fugitives, mais par quel moyen les fixer?

Pendant deux ans, il travailla avec une incroyable énergie; sans se décourager par les insuccès, il fit chaque jour de nouvelles expériences. C'est le propre de certains génies de puiser dans leurs échecs une nouvelle ardeur.

Ayant appris par l'opticien Chevalier, qu'un savant de province, M. Niepce, propriétaire à Châlon-sur-Saône, cherchait comme lui à fixer les images de la chambre noire, il lui écrivit : Il désirait entrer en relation avec un homme qui avait le même but que lui, et s'appuyait dans sa demande sur ce principe qui est vrai dans toutes les circonstances : « l'union fait la force ». Niepce accueillit avec méfiance les avances de l'inventeur du diorama; le modeste et ignoré chercheur de Châlon craignait que ce Parisien, dont le nom était déjà arrivé jusqu'à lui, ne voulut simplement lui enlever la gloire de l'invention qu'il se sentait tout près de faire : il déchira la lettre et ne répondit pas.

Daguerre fit une seconde tentative en 1827, et lui proposa un échange mutuel de leurs mystérieuses découvertes. Niepce résista encore quelque temps, mais un voyage à Paris, qui lui fournit l'occasion de voir Daguerre et d'apprécier ce travailleur infatigable, lui enleva facilement ses préjugés, et consentit à signer avec lui, le 14 décembre 1829, un traité d'association par lequel tous deux s'engagaient à unir leurs recherches pour la reproduction spontanée des images reçues dans la chambre noire.

Un jour, au milieu de ses essais, Daguerre avait posé une cuiller d'argent sur une plaque de métal iodurée, quand il l'enleva, il s'aperçut que l'image de la cuiller était reproduite sur la plaque. Ce fut pour lui une révélation et il fit aussitôt de nouvelles expériences avec des plaques argentées à l'influence des vapeurs d'iode. Ces plaques, placées dans la chambre noire, étaient impressionnables à la lumière, et conservaient l'image à l'état latent.

Il ne restait plus qu'à trouver une substance à l'aide de laquelle on pût rendre visible cette image dont on savait l'existence, mais qui demeurait encore absolument cachée. Il n'y avait donc plus qu'un pas à faire, trouver un agent révélateur qui fit apparaître la reproduction mystérieuse. Daguerre eut ce bonheur, mais Nicephore Niepce mourut frappé d'une congestion cérébrale avant d'avoir pu connaître les résultats brillants obtenus par son infatigable associé.

A ce moment le grand obstacle est franchi. Après la mort de Nicephore Niepce, Daguere continua ses recherches avec la même activité, si ce n'est avec une activité plus grande encore. Maintenant qu'il a découvert l'action des vapeurs mercurielles pour la révélation de l'image tracée, pour ainsi dire, à l'état latent sur la plaque couverte d'iodure d'argent, ses tableaux lui offrent un double intérêt : Il perfectionne son invention, et fait de nouvelles découvertes.

Peu à peu le nom de Daguerre est devenu célèbre. Tout le monde en France parle des incroyables résultats qu'il a obtenus; la curiosité est excitée au plus haut point et ce que l'on raconte semble si étrange, que ses admirateurs rencontrent beaucoup d'incrédules. Les journaux essaient de donner des comptes-rendus de ses expériences, mais ils le font d'une manière si incomplète et si inexacte que l'inventeur de l'héliographie, malgré tous les éloges dont les articles sont remplis, ne peut laisser passer plus longtemps les récits fantaisistes de la presse. Il s'entend avec M. Arago, devenu son protecteur, son admirateur et son ami, et celui-ci donne à l'Académie des sciences des détails précis sur la merveilleuse invention.

Cette séance du 8 janvier 1839 fut un véritable triomphe pour Daguerre.

Tous les hommes éminents de Paris se trouvaient réunis au palais Mazarin. Les portes étaient encombrées d'artistes, de savants, de curieux qui, anxieux, attendaient la révélation du grand secret, une sorte de superstition se mêlait à cette curiosité. L'héliographie semblait alors une chose quasi-surnaturelle.... Quand M. Arago prit la parole il se fit un religieux silence, et l'illustre astronome fit une sorte de conférence sur le daguerréotype. Le lendemain le *Moniteur universel* en donna le compte-rendu suivant, que nous reproduisons presque entier, car il donne une idée exacte de l'impression produite par l'apparition si inattendue d'un art absolument nouveau.

« Tout le monde connaît les effets de la chambre noire, et la netteté avec laquelle les objets extérieurs viennent se peindre en miniature sur le tableau, au moyen d'une lentille. Eh bien! on ne peut pas donner une idée plus juste de la découverte de M. Daguerre, qu'en disant qu'il est parvenu à fixer sur le papier ce dessin si vrai, cette représentation si fidèle de la nature ou des arts, avec toute la dégradation des teintes, la délicatesse des lignes et la rigoureuse exactitude des formes, de la perspective et des différents tons de la lumière.

» Quelle que soit l'étendue du tableau, il ne lui faut pour le reproduire que dix minutes ou un quart d'heure, suivant l'éclat du jour; la lumière étant elle-même l'agent de cette merveilleuse gravure, elle agit plus ou moins vite, suivant son intensité : c'est ainsi que M. Daguerre a pu fixer avec tous ses détails l'immense galerie du Louvre, de même que le pont de l'Archevêché, il a dessiné Notre-Dame! Aucun objet, aucun aspect de la nature et des choses n'échappent à ce procédé. La nature se reproduit avec sa fraîcheur, de même que l'éclatante lumière du jour et la teinte sombre du soir, ou mélancolique d'un jour de pluie.

» Dans cette gravure singulière, les couleurs sont indiquées par la nuance des ombres et par la dégradation universelle connue dans l'*aqua-tinta*. Maintenant, quel est donc l'ingénieux moyen employé par M. Daguerre pour réaliser cette espèce de miracle? Ce que nous venons de dire ne peut manquer d'exciter la curiosité, nous ne connaissons pas ce procédé et M. Arago n'a pas non plus pénétré le secret de l'auteur; on peut facilement en donner l'idée de manière à faire concevoir ce qui, au premier abord, paraît incompréhensible.

» La chimie moderne possède certaines substances ayant la propriété de changer de couleur au contact de la lumière, et un composé d'argent que l'on nomme le chlorure d'argent est dans ce cas. Si donc un papier préparé avec cette matière offre quelques-uns de ses points exposés à la lumière, les autres étant tenus à l'abri, il est clair que l'on produira un dessin quelconque au moyen des différentes teintes que prendront les parties éclairées et les parties soustraites à l'influence du jour; c'est le principe sur lequel M. Daguerre paraît avoir travaillé pendant de longues années, avec une persévérance et une intelligence qui l'ont enfin conduit au but qu'entouraient de si nombreuses difficultés. Et maintenant que le résultat est obtenu, maintenant qu'il est parvenu à rendre inaltérables les effets produits par la lumière, ce procédé de M. Daguerre se trouve être tellement simple, tellement à la portée de tout le monde, qu'il risque de ne pas trouver dans l'exploitation de sa découverte le fruit de ses études et de ses efforts; un brevet d'invention serait impuissant à lui garantir la propriété d'une idée que chacun peut mettre à exécution soi-même, une fois qu'elle sera répandue. »

Cet article montre à quel point l'opinion publique était émue : chacun comprenait que chaque jour l'inventeur de l'héliogravure perfectionnerait sa découverte, et l'on devinait déjà les merveilleux résultats auxquels on devait arriver un jour!

M. Arago se proposait de demander au ministre de faire l'acquisition du pro-

cédé de M. Daguerre et de lui en donner une juste récompense : Le ministre de l'intérieur, M. Duchatel, approuva l'idée du célèbre astronome, et, le 15 Juin 1839, il présenta dans ce but à la Chambre des députés un projet de loi dont l'exposé des motifs mérite d'être cité comme document historique.

« Nous croyons aller au-devant des vœux de la Chambre, dit-il, en vous proposant d'acquérir au nom de l'État la propriété d'une découverte aussi utile qu'inespérée, et qu'il importe, dans l'intérêt des sciences et des arts, de pouvoir livrer à la publicité..... On comprend quelles ressources, quelles facilités nouvelles elle doit offrir pour l'étude des sciences, et quant aux arts, les services qu'elle peut leur rendre ne sauraient se calculer.

» Malheureusement pour les auteurs de cette belle découverte, il leur est impossible d'en faire un objet d'industrie et de s'indemniser des sacrifices que leur ont imposés tant d'essais si longtemps infructueux. Leur invention n'est pas susceptible d'être protégée par un brevet; il faut donc nécessairement que ce procédé appartienne à tout le monde ou qu'il reste inconnu..... Une somme de 200,000 francs nous avait été demandée pour prix de la cession des procédés de MM. Niepce et Daguerre, et nous devons dire que des offres venant de souverains étrangers justifiaient cette prétention. Néanmoins nous avons obtenu qu'au lieu du capital de la somme demandée, il ne serait accordé qu'un intérêt viager, savoir : Une pension de 10,000 francs reversible seulement par moitié sur les veuves.

» Vous vous associerez à une pensée qui a déjà excité une sympathie générale, et vous ne souffrirez pas que nous laissions jamais aux nations étrangères la gloire de doter le monde savant et artiste d'une des plus merveilleuses découvertes dont s'honore notre pays (séance du 15 Juin 1839). »

Ce fut par acclamations que la loi fut votée, à la Chambre des députés et à celle des pairs; mais il faut avouer que cette découverte « l'une des plus merveilleuses dont s'honore notre pays », comme l'a si bien dit le ministre Duchatel, rapporta bien peu à ses auteurs. L'État, il est vrai, décora du nom de récompense nationale la modique somme qu'il donnait, et la fit ainsi accepter avec reconnaissance par l'association Niepce-Daguerre, qui mettait la gloire bien au-dessus de l'argent. »

Il nous semble intéressant d'indiquer ici le procédé du daguerréotype qui obtint avant la photographie sur papier un si grand succès en France; on verra combien il était difficile, long et cher, malgré les perfectionnements apportés par MM. Gaudin et Lerebours.

On prenait un cuivre plaqué d'argent; on le polissait avec le plus grand soin à l'aide de tripoli, d'huile, de rouge d'Angleterre et de tampons de coton. Cette opération du polissage était une des plus délicates et en même temps une des plus importantes, car de sa réussite dépendait la réussite de l'épreuve. Quand elle était terminée, on plaçait la plaque dans une boîte à iode, en regard d'une substance imprégnée d'iode, par exemple du papier, du carton, et on en chauffait le milieu à la flamme d'une bougie. Quand la plaque avait acquis une teinte jaune-clair, ce qui indiquait qu'elle était suffisamment iodurée, on la plaçait à la partie supérieure d'un vase ou d'une cuvette conique contenant du chlorure d'iode ou de l'iodure de brome; on complétait la fermeture du vase ou de la cuvette avec une autre plaque d'ardoise ou de terre cuite. On ne portait la plaque iodurée dans la chambre noire que lorsqu'elle était arrivée à son maximum de sensibilité, ce qui se reconnaissait à la teinte rosée.

Par le grand jour, à midi, en plein soleil, la pose pouvait n'être que d'une seconde, quelquefois moins, si la plaque était très-sensible; par un jour moins vif, de 6 ou 8 secondes. On rapportait ensuite la plaque impressionnée dans la boîte à mercure, et on chauffait avec une lampe à esprit de vin la cuvette qui

contenait ce métal jusqu'à une température d'environ 50 degrés. Après cette opération, on laissait reposer le tout pendant un quart d'heure et on regardait à l'aide d'un verre rouge clair ou jaune orangé si la plaque était à son point, si elle n'était pas assez venue, on répétait l'opération précédente; on lavait ensuite le daguerréotype dans une terrine contenant de l'eau et une dissolution concentrée d'hyposulfite de soude (à raison de deux cuillerées par verre d'eau). D'après le procédé de M. Fizeau, on devait employer le chlorure d'or pour fixer l'épreuve et donner à la lumière du tableau une plus grande intensité.

On voit combien ce système offrait de chances d'insuccès et quels immenses progrès ont été faits depuis Daguerre dans l'art photographique. Les épreuves coûtaient par la méthode précédente de 70 francs à 300 francs suivant la grandeur de la plaque.

Au bout de peu de temps, tout le monde s'intéressa aux rapides progrès de cet art naissant, et Paul Delaroche, voyant un jour avec admiration une plaque impressionnée, ne put s'empêcher de s'écrier, entraîné par un enthousiasme poussé à l'excès, il faut bien le reconnaître dans cette circonstance : « La peinture maintenant est morte! » Non, la photographie ne tuera pas la peinture; loin de jamais lui nuire, elle deviendra pour elle un guide, un aide; elle perfectionnera ses moyens d'exécution en les simplifiant, elle lui donnera une partie de cette précision qui chez celle-ci devient souvent excessive, et qui manque trop souvent chez celle-là. Elle fournira au grand art des Michel-Ange et des Raphaël un puissant auxiliaire, car dans ses reproductions si parfaites, elle donnera aux peintres de constants sujets d'observations; ils auront, grâce à la photographie, des collections d'études dont l'exactitude et la vérité sont aussi incontestables que l'exactitude et la vérité d'une image reproduite par une glace. Non, on ne saurait trop le répéter, la photographie ne tuera pas la peinture.

Pendant que Daguerre élaborait son œuvre à Paris, M. Talbot, en Angleterre, essayait de fixer l'image de la chambre noire sur le papier. Ses procédés, perfectionnés par M. Blanquart-Evrard, de Lille, firent faire un nouveau pas à la photographie.

M. Niepce de Saint-Victor, neveu du célèbre collaborateur de Daguerre, et son associé après la mort de son oncle, se mit, sans maître, à étudier et à chercher de nouveaux résultats; officier de dragons, il n'avait pour laboratoire que la salle de police des sous-officiers dans la caserne du quai d'Orsay et pour l'achat des produits et objets nécessaires à ses expériences, que sa modique solde de lieutenant. « La nuit, dit M. Figuier, il s'en allait par la ville, le casque » en tête et le sabre au côté, veillant en silence à la tranquilité des rues, et » s'efforçant de chasser de son esprit le souvenir inopportun des travaux de la » journée. »

Malgré les obstacles de tous genres qu'il rencontra, le vaillant jeune homme ne se laissa pas plus décourager qu'autrefois Nicephore Niepce et Daguerre, et il révéla des faits de la plus haute importance au point de vue des progrès de l'art qui nous occupe.

En 1846, M. Schœnbein découvrit le coton-poudre, et en 1857 M. Legray put introduire le collodion dans les opérations photographiques.

Nicephore Niepce était mort sans avoir vu les résultats, presque définitifs, qu'obtenait son collaborateur Daguerre; celui-ci mourut le 10 Juillet 1851, sans avoir eu le bonheur de connaître les derniers perfectionnements dont nous venons de parler.

M. Tronquoy, dans un savant et intéressant article publié en 1867 (1), a décrit

(1) *Études sur l'Exposition de* 1867, tome VII, page 1.

admirablement tous les procédés employés jusqu'à cette époque; nous parlerons maintenant des inventions nouvelles et de quelques perfectionnements trouvés dans ces dernières années. Nous étudierons aussi les rapports de la photographie et de la peinture dans les questions d'éclairement et dans le sentiment artistique qu'elles nécessitent toutes deux; enfin nous essayerons de démontrer que l'invention de Daguerre est réellement un art et que les services qu'elle peut rendre aux peintres et aux sculpteurs ne sauraient se calculer.

II. — DES COLLODIONS.

La photographie au collodion humide la plus répandue et en réalité la plus commode pour les portraits, puisqu'elle n'exige qu'une pose de peu de durée, offre à certains points de vue des inconvénients que personne ne peut nier : Aussitôt que la plaque recouverte de collodion a été sensibilisée dans le nitrate d'argent, il faut rapidement la porter dans la chambre noire; si l'opérateur lui laisse le temps de sécher, elle perd son impressionnabilité : de là de terribles difficultés pour la photographie de voyage et même pour la photographie d'atelier pendant les grandes chaleurs. Il est souvent peu facile de trouver un endroit commode pour l'installation d'un laboratoire et d'emporter des fioles contenant des bains, des cuvettes, etc., etc. ; on s'est efforcé de trouver le moyen de préparer à l'avance des glaces collodionnées et on est arrivé déjà à des résultats très-satisfaisants.

Procédé au collodion sec. — Plusieurs méthodes de préparation de plaques au collodion sec ont été indiquées : On commence par bien nettoyer la glace, puis on la recouvre de collodion ioduré ordinaire, on étend ensuite par-dessus une couche d'albumine pour préserver la couche inférieure. On fait sécher la plaque à l'obscurité et on ne la sensibilise qu'après. Quand on veut l'utiliser, on la sensibilise une seconde fois dans un bain d'acito-nitrate, on lave pour enlever l'excès d'argent et on peut alors n'employer la glace que trois ou quatre jours après cette seconde opération. Tel est le procédé de M. Taupenot.

L'albumine se prépare de la façon suivante : On verse dans un vase quelques blancs d'œufs et on les bat avec une petite quantité d'iodure et de bromure d'ammonium et quelques gouttes d'ammoniaque. Pour que l'albumine soit suffisamment fluide, on ajoute du sucre candi.

Le major Russel imagina un autre procédé qui est généralement préféré au précédent; il combina l'acide tannique avec la couche d'iodure d'argent que la lumière doit impressionner. Le temps de pose varie entre 30 et 120 secondes, c'est-à-dire qu'il n'est possible d'employer cette méthode que pour les paysages ou les reproductions.

M. Boivin, dans le *Moniteur de la photographie*, recommande le système de préparation suivant : La glace nettoyée est couverte d'une couche d'albumine; cette première couche étant sèche, on étend le collodion et on plonge la plaque dans un bain composé de, 100 cent. cubes d'eau, 8 grammes de nitrate d'argent, 1 gramme d'acétate de plomb et quelques gouttes d'acide acétique cristallisable.

La plaque séjourne dans ce bain pendant environ cinq minutes; on la lave à l'eau ordinaire contenant un peu d'acide acétique, puis à l'eau distillée. Après ces lavages, elle est recouverte d'une solution de phosphate de soude à 3 %, puis d'une solution d'acide gallique à 1 %; on laisse égoutter, et, sans laver la

plaque, on la recouvre d'un vernis préservateur ; avant de commencer le développement, on la lave à l'eau chaude.

MM. Bourgoin (de Niort), Constant Delessert, l'abbé Despratz ont fait d'intéressantes recherches sur les procédés au collodion sec, mais l'emploi du collodion bromuré est celui qui s'est le plus généralisé.

Émulsions, — On donne le nom de collodion émulsionné ou plus simplement d'émulsion à un collodion renfermant du bromure d'argent tout sensibilisé, c'est-à-dire qui n'a pas besoin d'être plongé dans le bain d'argent pour s'impressionner à la lumière.

En 1853, M. Marc-Antoine Gaudin parlait dans *la Lumière* du bromure d'argent formé au sein même du collodion ; en 1854, il proposait son *photogène*, mais dans ces dernières années seulement, la préparation du collodion émulsionné est devenue d'un emploi pratique. Il ne suffit pas d'ajouter du nitrate d'argent au collodion photographique ordinaire pour obtenir une bonne émulsion, les conditions de réussite sont multiples et encore bien peu connues. Des opérateurs, des chimistes ont proposé un grand nombre de formules empiriques, et si le résultat était satisfaisant entre leurs mains, le plus souvent ceux qui voulaient suivre le mode de préparation indiqué par eux n'arrivaient qu'à un insuccès.

La fabrication d'une émulsion *régulièrement* bonne ne peut s'obtenir qu'après de nombreux essais et à l'aide d'observations souvent répétées, dont l'ensemble constitue un système trop compliqué pour les amateurs, et trop scientifique pour que le plus grand nombre des photographes puissent tenter d'en faire l'essai.

Le premier procédé complet de collodio-bromure fut publié par MM. Sayce et Bolton : l'invention n'était pas encore mûre pour la réussite, et on n'obtint pas les résultats annoncés. On oublia pendant quelque temps les essais de MM. Sayce et Bolton, et ils ne furent continués que quelques années plus tard, par MM. Carey-Lea, Sutton, Stuart Wortley, Singer, etc. Les résultats n'étaient toujours pas concluants et l'*émulsion* n'était pas encore découverte.

En 1875, M. Balbèze ouvrait un concours à la Société française de photographie, et M. le Ministre de l'instruction publique comprenant toute l'importance de ces recherches, accorda une allocation qui devait être jointe au prix proposé. Ce fut M. A. Chardon qui l'obtint. Les indications fournies par lui sont précises et scientifiques, mais son procédé ne laissant rien de livré au hasard oblige ceux qui l'adoptent à une attention très-grande, à une précision absolue. Le succès dépendra en outre de la qualité des produits employés ; il est donc prudent avant d'essayer de faire soi-même de l'émulsion, d'en acheter, afin d'étudier les différences qui existent entre ce procédé et celui du collodion ordinaire.

Depuis quatre ans, toutes les recherches en chimie photographique de M. Rossignol ont porté sur les émulsions. Il essaya toutes les formules préconisées, entre autres celles de MM. Carey-Lea, Wortley, Newton, Sayce et Bolton, et mettant à profit les observations faites par les photographes ou amateurs anglais, américains et belges, il livra au public, en 1876, une émulsion commerciale dont plusieurs juges compétents se sont déclarés satisfaits. Mais il ne pouvait se contenter de ce résultat, il perfectionna son procédé, recherchant à la fois la finesse et la douceur des images produites, et la régularité de la préparation, malgré les variations inévitables des produits employés. L'émulsion de M. Rossignol l'emporte à notre avis sur les produits similaires.

La substitution de l'émulsion au collodion ordinaire constitue un grand progrès, car si le collodion humide reste toujours le meilleur procédé pour les portraits, il est évident que l'émulsion l'emporte à tous égards, lorsqu'il s'agit

d'obtenir des clichés de reproductions ou de paysages ; de plus, la suppression du bain d'argent met à l'abri des insuccès nombreux qui proviennent de l'opération toujours si délicate et si incommode de la sensibilisation des glaces.

Un détail à noter pour les amateurs : L'émulsion ne tache pas les doigts.

Une glace sensibilisée à l'émulsion et mise dans une cuvette d'eau distillée peut attendre aussi longtemps qu'il sera nécessaire. Même après plusieurs jours d'immersion, elle serait aussi sensible qu'une glace au collodion humide qu'il faudrait exposer cinq minutes au plus après sa préparation, sous peine de non réussite.

Une plaque émulsionnnée n'exige pour être employée à l'état sec, aucun de ces interminables lavages que nécessitent les procédés anciens; de plus, toutes les glaces sensibilisées à l'émulsion versée d'un même flacon, sont absolument identiques, ce qui permet à l'opérateur, s'il n'a pas réussi un premier cliché par faute ou excès de pose, de calculer dans le cliché suivant exactement le temps qui lui est nécessaire.

L'émulsion a donc réellement de grands avantages sur les procédés précédemment employés : à l'albumine, au tannin, à la gomme, au café, etc. Elle est d'un emploi simple, facile, commode, régulier, rapide : c'est le procédé des amateurs et des touristes qui désirent profiter des agréments de la photographie sans en avoir les ennuis.

Appareils de voyage. — On s'est continuellement occupé, depuis la découverte de la photographie, de trouver des systèmes pratiques et peu coûteux pour faire les paysages sans laboratoire ou avec un laboratoire portatif; on imagina un nombre considérable de tentes qui permettent au photographe touriste d'opérer sur collodion humide ; je ne citerai que pour mémoire celles de MM. Murray et Heath, Smartt, Ernest-Edward, etc. M. Hermagis avait construit également un système de tente simple et ingénieux qui fut très-remarqué en 1867; mais, malgré tous les efforts de ces habiles inventeurs, la photographie de voyage était toujours incommode et fort difficile.

Aujourd'hui des progrès considérables ont été faits, et il est possible au touriste d'aller dans les endroits les plus inaccessibles photographier les beautés de la nature. Plus de laboratoire, plus de tente, plus de bagages encombrants; on a maintenant des appareils que l'on pourrait presque appeler appareils de poche tant ils sont petits et légers.

M. J. Audoin, dont la maison est aujourd'hui connue de tous les photographes, qui trouvent chez lui les produits chimiques les meilleurs comme qualité, et les moins chers comme prix, a exposé (classe 12) un petit appareil de voyage élégant et léger avec lequel on peut faire une demi-plaque sans emporter avec soi un poids de plus de 3 kilos.

Sous le nom de chambre noire de poche on trouve, chez M. Marion, un autre système qui ne pèse pas plus de 350 grammes, objectif compris. Il se replie sur lui-même et peut se mettre dans une sacoche de voyage. Il donne des épreuves de 0,14 × 0,10. Trois tubes rentrant les uns dans les autres et n'ayant que les dimensions d'une canne forment le pied de campagne sur lequel on attache l'appareil (fig. 2).

On emploie avec cette chambre noire du papier négatif au lieu de plaques sensibilisées. Le développement peut être différé une année entière sans que le cliché perde rien de sa valeur.

L'appareil est composé : 1° du pied-canne composé, comme nous l'avons dit, de trois tubes rentrant les uns dans les autres ; 2° du support de la chambre ; 3° de la chambre noire formée de deux cadres en bois, réunis par un manchon de cuir souple; 4° de l'objectif tube renfermant la lentille périscopique et les

diaphragmes; 5° du châssis négatif renfermant le papier photographique sensibilisé; 6° d'un châssis percé à jour, et garni d'un papier ciré qui remplace le verre dépoli pour la mise au point. La pose doit varier entre 2 et 10 minutes, selon que la lumière est plus ou moins intense. Tout le reste des opérations (développement et fixage) se fait comme dans les autres procédés sur papier sec.

A l'Exposition de 1878, on voyait dans la section anglaise quelques spécimens d'appareils portatifs extrêmement élégants, mais d'un emploi peu pratique.

Il y avait encore des chambres extra-légères (vitrine Hermagis), fort jolies, mais qui exigent les soins les plus minutieux; un opérateur un peu brusque ou impatient le briserait facilement. Le type exposé par M. J. Audoin nous paraît être, à différents points de vue, beaucoup mieux compris, car il réunit ces deux qualités absolument indispensables en la matière : la solidité et la légèreté.


Fig. 2. — Chambre noire de poche.

Parmi les chambres à longueur focale fixe et ne pouvant servir par conséquent que pour un objectif déterminé, je citerai le scénographe et le stéréographe, tous deux en bois, carton, étoffe, caoutchouc : ils n'ont pour avantage que leur extrême légèreté, car la précision leur fait défaut. L'appareil de touriste de M. Fleury-Hermagis est à la fois simple et précis, il est donc de beaucoup supérieur, à notre avis, aux deux précédents.

Sous le nom de châssis-cuvette à adhérence capillaire, M. Schaeb présente un appareil assez original, pouvant servir en voyage à faire la photographie au collodion humide sans laboratoire (fig. 3).

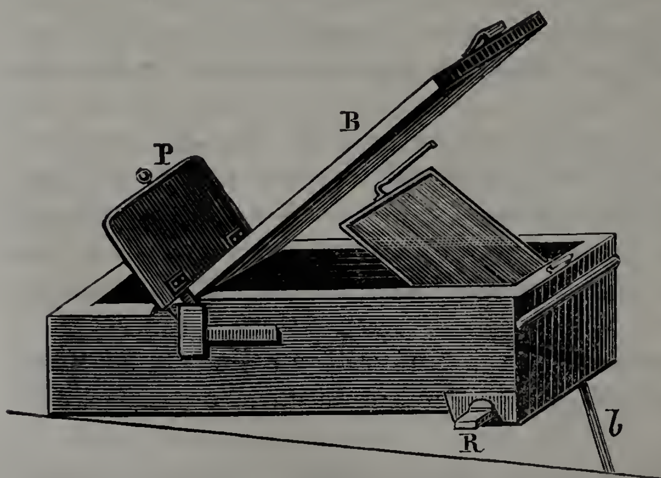


Fig. 3. — Châssis-cuvette.

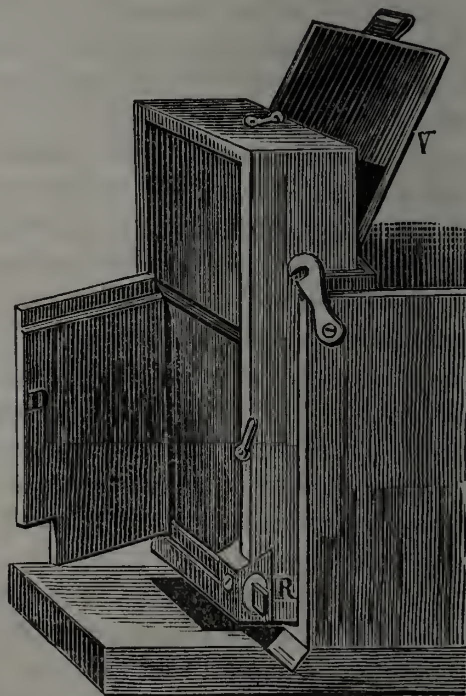


Fig. 4. — Châssis-cuvette.

Une fois collodionnée la glace est déposée dans la cuvette, on introduit ensuite le bain d'argent par la poterne P, on agite légèremant la cuvette, et

lorsque la sensibilisation est suffisante, on retire le bain d'argent par le robinet R. Après la pose ont lieu les développements et les lavages; le fer et l'eau de lavage se retirent par la poterne P. On ouvre alors le battant B et l'on retire l'épreuve que l'on fixe et renforce, si besoin est, en plein jour et en dehors de l'appareil. Ces deux dernières opérations se font au retour à l'atelier; si l'épreuve a séché en route on la lave préalablement à l'eau filtrée.

La glace est maintenue dans le châssis par l'adhérence capillaire. Un des avantages que signale M. Schaeb dans son système, c'est que la couche de collodion ne portant nulle part, n'est pas éraillée sur les bords et ne se déchirera pas par conséquent, lorqu'on la soumettra aux lavages et aux autres opérations.

La fig. 4 représente le châsssis-cuvette placé sur la chambre noire au moment de la mise au point.

ÉPREUVES POSITIVES.

Papier au ferro-prussiate. — On commençait à parler, en 1867, de la sensibilisation des papiers avec des sels de fer, tels que le ferro-prussiate, le citrate double de fer, le citrate d'ammoniaque, etc. On cherchait un moyen économique de reproduire les dessins industriels de meubles, dentelles, papiers peints, machines; les plans, les cartes, etc. On l'a évidemment trouvé dans le procédé au *ferro-prussiate* qui a le double avantage de coûter peu de chose et, ne nécessitant aucune connaissance spéciale, de pouvoir être employé par tout le monde.

L'usage en est aujourd'hui très-répandu chez les officiers du génie et de l'artillerie, les ingénieurs, constructeurs, mécaniciens, architectes, pour avoir promptement et presque sans aucuns frais, des copies exactes de leurs dessins et plans. Ils évitent aussi, par ce moyen, de confier les originaux à des ouvriers du dehors, pour les autographier ou imprimer.

Voici quelle est la manière de procéder : on dessine d'abord avec de l'encre de chine bien noire et additionnée d'un peu de couleur jaune, telle que la gomme-gutte, sur une toile à calquer bien pure, bien transparente, plutôt bleutée que jaunâtre, en ayant soin d'accentuer les traits autant que possible. Cette opération donne le cliché positif, et produira, étant exposé à la lumière dans le châssis-presse, des épreuves à traits blancs sur fond bleu.

Si l'opérateur peut se contenter de ce résultat, il n'a qu'à faire le tirage directement sur le papier au ferro-prussiate que l'on se procure tout préparé chez MM. Audoin et Marion; si, au contraire, il a besoin d'une copie *exacte* du dessin qu'il reproduit, il doit employer le papier mince au ferro-prussiate : ce papier étant transparent servira lui-même de cliché négatif, et les épreuves qu'il donnera seront exactement semblables au modèle, c'est-à-dire que les lignes se détacheront bleues sur fond blanc.

Le papier au ferro-prussiate étant exposé à la lumière, prend successivement les teintes suivantes : de jaune pâle il devient verdâtre, puis bleuâtre, bleu gris foncé, bleu plus clair, enfin olivâtre à reflets métalliques. En employant une feuille un peu plus grande que le cliché, il est facile de suivre, sans ouvrir le châssis (ce qui retarde l'opération et peut parfois déranger l'épreuve), les différentes transformations que nous venons d'énumérer.

Quand l'épreuve est assez puissante, c'est-à-dire quand elle est devenue olivâtre à reflets métalliques, on la retire du châssis-presse et on la laisse pendant quelques instants tremper dans l'eau ordinaire : toutes les parties que le cliché a permis à la lumière de frapper, restent bleues et les autres, débarassées par le lavage de la composition chimique qui les recouvrait, redeviennent blanches.

L'image se trouve fixée définitivement. Ce système est, comme on le voit, on ne peut plus simple et ne nécessite pas, comme les procédés aux sels d'argent, les opérations du virage qui sont à la fois coûteuses, longues et assez compliquées pour quiconque n'a pas une certaine habitude des manipulations photographiques.

L'usage du ferro-prussiate se répand chaque jour davantage; on l'utilise pour copier la musique. A l'Exposition de 1878, on pouvait remarquer principalement dans la galerie des machines, combien son emploi s'est vulgarisé.

Doit-on considérer ce procédé comme inutile en dehors des applications que nous venons d'analyser brièvement? Nous ne le pensons pas. Tous les clichés photographiques peuvent être tirés sur le papier au ferro-prussiate et l'on obtient ce que le public appelle la *photographie bleue*. Cette teinte est certainement peu agréable à l'œil, et les portraits et paysages ainsi reproduits flattent moins l'œil que les épreuves sur les papiers sensibilisés au nitrate d'argent ou au bichromate de potasse, mais nous devons faire remarquer, en faveur de ce genre de photographie, certains avantages considérables que les amateurs, spécialement, ne manqueront pas d'apprécier.

1° *Très-grande économie.* — Le papier au ferro-prussiate coûte bon marché; le papier aux sels d'argent devant être sensibilisé dans un bain à 15 % revient toujours assez cher.

2° *Rapidité.* — Pas de virage. C'est là un point très-important. Au lieu de faire passer l'épreuve retirée du châssis, dans les bains d'or et d'hyposulfite de soude (qui obligent ensuite à un lavage de plusieurs heures pour la dégager de tout produit), on la passe tout simplement dans l'eau, et, en quelques instants, elle se trouve terminée sans frais.

3° *Facilité.* — L'absence de virage supprime beaucoup de chances d'insuccès. Les retouches sont en outre très-faciles à faire. L'aquarelle prend merveilleusement sur ce papier qui n'est pas albuminé.

On trouve chez M. Audoin, cité Bergère, un bain au ferro-prussiate qui permet de sensibiliser soi-même son papier; grâce au *bain Baurain*, l'économie est encore plus grande. Ce bain présente cet immense avantage, qu'il permet d'employer toute espèce de papier, depuis le papier à lettre, jusqu'au papier torchon pour aquarelles. Nous irons même plus loin, en disant que l'on peut facilement sensibiliser de la soie blanche ou un autre tissu analogue. On comprend immédiatement les résultats que l'on peut obtenir avec le bain Baurain, par exemple pour la fabrication des éventails sur papier, peau ou soie : nous en avons vu de très-jolis et très-artistiques, dessinés par ce moyen aussi simple qu'ingénieux. L'un d'eux représentait des amours soutenant un portrait, le portrait était fait directement d'après nature, quant aux amours, ils étaient la reproduction d'une aquarelle monochrome que la photographie traduisait si bien, qu'il était impossible de la distinguer de l'original. Quoique fait d'après nature, grâce au grain de la soie, le portrait lui-même semblait une délicieuse miniature.

Malgré tout ce que nous venons de dire à la louange des épreuves photographiques obtenues sur papier sensibilisé par le bain Baurain, nous convenons bien facilement qu'elles sont de beaucoup inférieures à celles faites au nitrate d'argent ou au charbon; ce que nous tenions seulement à faire remarquer, c'est que, sous certains rapports, elles offrent plus de commodités, par exemple, lorsque l'on veut juger immédiatement du résultat d'un cliché, puis pour les reproductions de dessins ou d'aquarelles sur papier semblable à l'original, enfin pour l'amusement des amateurs.

Quant à l'usage du papier au ferro-prussiate pour les ingénieurs, architectes, etc., son utilité est aujourd'hui incontestable.

La photoglyptie. — On remarquait dans le parc de l'Exposition universelle, côté du Champ-de-Mars, entre le bâtiment du Creusot et celui de la manufacture des tabacs, un élégant petit pavillon, qui s'élevait au milieu des arbustes et des fleurs : c'était le pavillon de la photoglyptie et de la photochromie de M. Léon Vidal.

Depuis longtemps, on s'occupe de chercher les meilleurs moyens d'utiliser pour la gravure, la découverte de Niepce et de Daguerre : MM. Garnier et Salmon, en 1855, obtenaient déjà des gravures héliographiques assez remarquables pour attirer tout particulièrement l'attention du jury, qui leur décerna à l'Exposition le grand prix de photographie. Les nouveaux perfectionnements de MM. Albert de Munich, Obernetter, etc., ont depuis rendu plus définitif l'emploi des procédés photographiques en matière de gravure; on parvient maintenant à faire les clichés en relief, ce qui permet de les tirer typographiquement, et de les intercaler au milieu des caractères d'imprimerie; beaucoup de publications sont aujourd'hui illustrées par ce moyen.

La photoglyptie elle, ne donne pas de clichés en relief; elle ne peut produire que des clichés métalliques en creux; il faut donc en l'employant renoncer aux tirages dans le texte, que rendrait en outre impraticables la nécessité de presses spéciales.

Au premier abord, et pour tout œil peu exercé, il n'existe pas de différence entre une photoglyptie et une photographie ordinaire. Par la couleur, par le brillant, par l'aspect général, en un mot, la ressemblance est parfaite; ce n'est que par examen attentif qu'il est possible de faire la distinction. Le relief des ombres, qui seul indique parfois la provenance de l'image, doit disparaître complétement pendant la dernière opération du tirage. Nous ne décrirons pas longuement ici les procédés photoglyptiques, nous nous bornerons à les analyser en quelques lignes, et à expliquer les immenses avantages de l'invention de M. Woodbury.

On se sert de clichés négatifs ordinaires sur lesquels on applique une feuille de gélatine bichromatée que l'exposition à la lumière rend insoluble dans l'eau; plus une partie du cliché est transparente, plus est grand l'effet produit par les rayons lumineux.

La couche de gélatine bichromatée tient donc lieu du papier sensibilisé après l'impression, on l'enlève délicatement du cliché et on la rapplique sur une plaque de verre, couverte d'un vernis de caoutchouc; ensuite on la laisse baigner dans l'eau tiède pendant un jour et une nuit. L'eau dissout les parties qui, n'ayant pas été frappées par la lumière, étaient, par conséquent, encore solubles. Les ombres sont alors en creux et les clairs en relief. Cette eau doit avoir une température égale et se renouveler sans cesse; on emploie à cet effet un récipient spécial (fig. 5).

La feuille de gélatine étant impressionnée, fixée, séchée, on la pose entre une plaque d'acier et une plaque de plomb; soumise entre ces deux métaux à une très-grande pression, elle finit par pénétrer dans celui qui offre le moins de résistance. Elle s'incruste, se grave dans la plaque de plomb, et il ne reste plus qu'à tirer les épreuves à l'aide d'une encre composée de gélatine et d'encre de Chine. Le fixage s'opère en trempant l'image dans un bain d'alun.

Le procédé est, comme on le voit, fort simple, mais il demande beaucoup de soins et de temps. Lorsque la planche est obtenue par le moyen que nous venons de décrire brièvement, elle permet de tirer en quelques jours un nombre très-grand d'exemplaires, de 12 à 15,000, par exemple. Il semble inutile, après

avoir donné ce chiffre de faire l'éloge de la photoglyptie, hier inconnue; elle est aujourd'hui fort répandue : quelques journaux l'ont employée pour illustrer leurs numéros en donnant le portrait des hommes en renom; la plus grande partie des acheteurs sont convaincus qu'ils ont entre les mains des photographies ordinaires, ignorant que par les procédés au nitrate d'argent, il serait impossible de livrer chaque semaine un nombre suffisant d'épreuves pour servir plusieurs milliers d'abonnés.

Pendant tout le temps que dura l'Exposition universelle, il y eut affluence

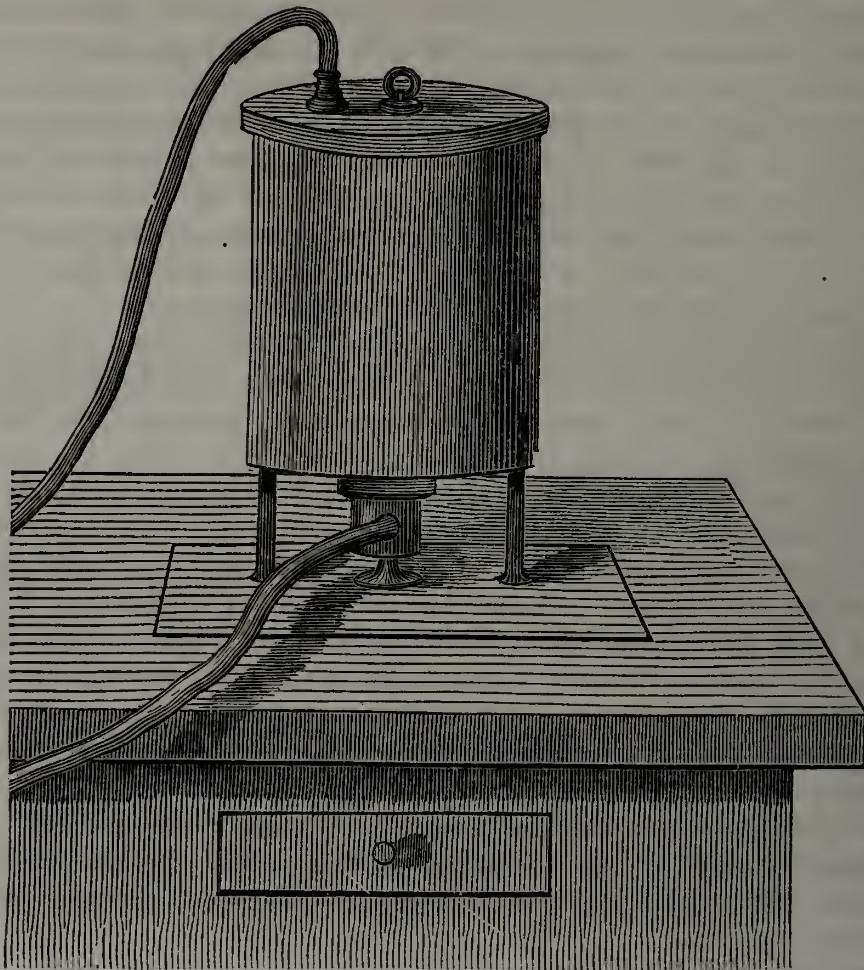


Fig. 5. — Récipient spécial photoglyptique.

de visiteurs au pavillon de M. Léon Vidal. Chacun voulait assister au tirage sur papier des épreuves photoglyptiques. Cette intéressante et simple opération, qui se faisait sous les yeux du public, était pour lui d'un attrait d'autant plus grand qu'il était absolument nouveau. Tout ce qui a rapport à la photographie intéresse généralement, peut-être un peu pour cette raison, que l'art de Daguerre a quelque chose de mystérieux, qu'il se cache sous un voile noir ou dans l'ombre d'un laboratoire, mais beaucoup aussi, parce que ses effets sont réellement merveilleux. Né de la lumière, il semble craindre, aussitôt qu'il a reçu d'elle l'existence, qu'elle ne la lui reprenne brutalement. Le public n'est pas admis dans les arcanes des ateliers : on pose devant l'objectif pendant quelques secondes, peu de temps après on vous livre des cartes photographiques représentant votre image; que s'est-il passé dans l'intervalle? comment est-on arrivé à un résultat aussi surprenant? Il y a bien de quoi, il faut l'avouer, éveiller la curiosité : la peinture, la sculpture, on les voit faire; le pinceau, le ciseau n'ont aucun secret à garder, la photographie seule, selon bien des gens, a besoin de mystère — elle a simplement besoin d'obscurité.

Le petit pavillon de M. Vidal se composait de deux pièces : la première était remplie d'images photochromiques, la seconde occupée par une table ronde tournante qui supportait 6 presses photoglyptiques. Ces presses livraient à chaque minute aux spectateurs émerveillés des vues de l'Exposition admirables de finesse et de netteté.

Photochromie. — La photographie en couleurs prend le nom de *Photochromie*, quand il s'agit des essais de M. Léon Vidal, et d'*héliochromie*, quand il s'agit de ceux de MM. Cros et Ducos de Hauron. Reproduire avec leurs couleurs naturelles les images de la chambre noire, tel est le problème dont on cherche depuis quelques années la solution sans pouvoir la trouver d'une façon définitive.

Plusieurs fois déjà, de sérieuses tentatives avaient été faites pour arriver à ce but, qui est considéré comme le summum de l'art photographique. M. Niepce de Saint-Victor, M. Edmond Becquerel firent vainement de nombreuses expériences; en 1866, M. Poitevin fit de nouveaux efforts pour parvenir à fixer les couleurs; enfin en 1874, M. Léon Vidal présenta des épreuves polychromiques, qui avaient sur leurs devancières l'avantage d'être inaltérables. Rien de tout cela n'était concluant.

Aujourd'hui la difficulté est toujours invaincue; on est arrivé à la tourner par des procédés ingénieux, en employant des moyens plus ou moins pratiques; mais pour les savants, pour les physiciens et pour les chimistes sérieux, qui ne se contentent pas de demi-résultats, la lice est ouverte, l'obstacle n'est pas franchi.

Les procédés artificiels auxquels on a eu recours sont à la vérité fort curieux et méritent d'être mentionnés : M. Vidal emploie des papiers qu'il superpose pour donner naissance à chaque couleur. M. Ducos de Hauron a fondé son système sur une triple décomposition de la lumière, et sur la triplicité des laques ou pigments. « *La Constitution* » d'Agen développe assez longuement cette théorie dans un article qui a été reproduit par le journal de la photographie. Il nous paraît intéressant d'en détacher quelques passages, qui permettront à nos lecteurs de se rendre compte de la découverte de M. Ducos.

« Le système de photographie des couleurs, imaginé par M. Louis Ducos de Hauron, se fonde sur une triple décomposition de la lumière et sur la triplicité des laques ou pigments, qui, d'après ses recherches, ont le pouvoir de traduire par leur superposition, à l'état de glacis transparents, toutes les nuances de la nature, y compris la gradation du blanc au noir.

Triple décomposition de la lumière. — Elle s'effectue dans la chambre noire, en interposant, entre la surface sensible et l'objet qu'il s'agit de copier, trois verres, ou milieux colorés analyseurs, l'un vert, l'autre orangé, l'autre violet; on obtient au moyen de cette triple filtration des rayons émanés du modèle, trois empreintes ou clichés noirs; l'un fourni par la lumière verte, l'autre par la lumière orangée, le troisième par la lumière violette. Il y a identité linéaire entre ces trois clichés; mais si on les compare quant à la distribution des clairs et des ombres, autrement dit, des transparences et des opacités, ils sont singulièrement dissemblables : chaque détail du modèle, suivant la nuance qui lui est propre, se traduit sur chacun des trois clichés par des transparences ou des opacités dont le degré varie de l'un à l'autre cliché.

Triplicité des laques ou pigments. — Trois laques ou pigments, les mêmes pour tous les sujets à reproduire, savoir : le type rouge carmin, le type bleu de Prusse, le type jaune d'or, telle est la triple palette confiée au soleil.

Elle lui est confiée en ce sens que, sous chacun des trois clichés noirs dont il vient d'être parlé, ce même soleil qui les a créés, demeure maintenant chargé (c'est la seconde partie de son œuvre) d'imprimer trois monochromes fournis par trois surfaces sensibles, l'un rouge carmin, l'autre bleu, l'autre jaune. Sous le cliché fourni par la lumière verte, il imprimera le monochrome rouge; sous le cliché fourni par la lumière orangée, le monochrome bleu; sous le cliché de la lumière violette, le monochrome jaune; que si l'on superpose alors, si l'on confond mécaniquement en un seul ces trois monochromes doués tous les trois de transparence, on voit naître comme par enchantement l'œuvre désirée. C'est un tableau où non-seulement les trois couleurs cardinales, mais toutes les nuances intermédiaires qui appartiennent au modèle, se reproduisent ou doivent se reproduire dans leurs richesses et leurs variétés infinies. »

Tel est le système vu dans son ensemble : il y a certainement un pas de fait, mais il faut l'avouer, le but est encore loin; malgré les perfectionnements que M. Ducos de Hauron a apportés à ses premiers procédés, que de défectuosités! que de causes d'insuccès! que de difficultés! En 1869, il fallait deux ou trois heures d'exposition au soleil pour obtenir à la chambre noire le cliché de la lumière orangée et même celui de la lumière verte; aujourd'hui, grâce à l'*Eosine*, substance introduite dans le collodion héliochromique, quelques minutes de pose sont suffisantes. Il est inutile d'ajouter que, même depuis ce progrès, il est impossible de photographier par la méthode de M. Ducos la nature vivante. En tout cas, on ne saurait trop encourager les efforts de l'inventeur agenois. Maintenant on peut presque affirmer que le problème sera complétement résolu un jour ou l'autre; le premier pas est fait, si la route suivie jusqu'ici est réellement la bonne, nous pouvons espérer bientôt voir la photochromie figurer parmi les plus merveilleuses découvertes scientifiques de notre époque.

La photographie en couleurs, obtenue directement, sera-t-elle, du reste comme on le pense généralement, le dernier mot, et surtout le résultat le plus artistique de la photographie? Nous n'hésiterons pas à répondre *oui* sous certains rapports, *non* sous beaucoup d'autres. Que reproduirait en effet la phothochromie? (nous la supposons aussi perfectionnée que la photographie) — l'image qui apparaît sur le verre dépoli de la chambre noire exactement. Cette image, nous le pensons sincèrement, ne satisfera pas complétement un artiste. Qu'on se la figure, en effet, reproduite sur le papier, ne sera-t-elle pas dure et peu séduisante pour l'œil, manquant de douceur dans les contours et d'harmonie dans les couleurs? On aura beau objecter qu'elle sera la reproduction exacte de la nature, il y a un fait incontestable, c'est que, ce qui ne choquera pas le regard dans le modèle lui-même, le choquera dans l'image photochromique qui n'en sera cependant que la fidèle copie. Le peintre n'est-il pas obligé de modifier la nature? peut-il peindre dans un portrait exactement les couleurs qu'il a devant les yeux? Nous ne le pensons pas. S'il peignait ce qu'il voit, tel qu'il le voit, il ne ferait pas une œuvre artistique, la difficulté pour lui, est de faire les modifications exigées par son goût assez habilement pour que personne ne puisse se douter qu'elles soient faites. En voyant le tableau on croira qu'il a copié aussi servilement que possible les couleurs de la nature, et on admirera sa toile, quand la réussite au contraire sera due à ce qu'il aura modifié ou plutôt tempéré les teintes. La photochromie ferait trop ressortir la crudité des tons.

Il n'en est pas de même de la photographie qui ne donne que les lignes, les clairs et les ombres, et qui, par conséquent, évite l'écueil que nous signalions; elle n'a rien à redouter de cet effet d'optique incontestable, qui nous fait paraître choquant et quelquefois faux le ton qui, dans la nature, est juste et agréable.

Nous ne nions pas cependant qu'on ne puisse arriver un jour, par des éclairages spéciaux et sérieusement étudiés, à obtenir des épreuves ayant avec les couleurs en plus, toutes les qualités d'une bonne photographie ; nous serons heureux, dans ce cas, d'avouer que nous nous sommes trompé, et de proclamer hautement la nouvelle découverte, la plus belle application de l'art de Daguerre !

L'exposition anglaise de photographie. — Si depuis l'Exposition de 1867 la photographie a fait en France de remarquables progrès, nous sommes obligé de constater qu'elle en a peut-être fait davantage encore en Angleterre et en Amérique. L'exposition anglaise, si admirée en 1867, est là pour le prouver.

Il faudrait citer tous les exposants, si nous voulions parler de tous les cadres intéressants; nous nous bornerons à nommer ceux qui ont particulièrement attiré par leurs œuvres l'attention du public.

Nous avons été tout d'abord frappé par les portraits de la maison Elliot et Fry, de Londres, qui sont de véritables tableaux artistiques, tenant autant du dessin que de la photographie ; habilement retouchés au crayon de couleur, ils charment le regard par une douceur et une harmonie de tons que les détracteurs de notre art sont obligés d'admirer. M. Herbert Watkines a exposé de fort beaux portraits ; M. Robert Faulkner des photographies d'enfants (instantanées). Les poses sont naturelles et gracieuses à la fois ; la netteté et le modelé ne laissent rien à désirer.

Nous nommerons ensuite M. Guilleminot pour ses remarquables épreuves, M. Payne Jemmings pour ses paysages d'après nature, M. William Scerlock pour études ses d'animaux ; M. Léon Warnerke, de Londres, dont on a vu avec intérêt les clichés négatifs et positifs sur tissu sensible remplaçant les glaces ; M. E. Baudoux, de Gersey (lambertypies et chromotypies). Enfin nous signalerons les photographies inaltérables (reproduction de médailles) produites sur la presse d'imprimerie (procédé callotype de M. Sawyer).

— Nous croyons intéresser ceux de nos lecteurs qui sont admirateurs de la photographie et qui n'en connaissent pas les procédés, en décrivant toutes les opérations par lesquelles on arrive, d'abord à faire un cliché négatif, ensuite à obtenir une reproduction positive sur papier.

Nous écrirons ce chapitre sous la rubrique : *Photographie pratique, Conseils aux amateurs*, parce que ceux-ci y trouveront toutes les indications qui leur seront nécessaires pour leurs débuts. Nous espérons pouvoir par nos modestes conseils, leur aplanir beaucoup de difficultés et leur éviter certaines dépenses de temps et d'argent.

Photographie pratique, conseils aux amateurs. — Chaque jour, le nombre des personnes qui veulent, comme distraction, s'occuper de photographie, augmente en proportion des facilités qu'apportent les perfectionnements nouveaux.

La photographie, on peut le dire, est aujourd'hui à la portée de tous. Néanmoins, beaucoup de gens ignorent encore que maintenant, pour une somme relativement minime, un amateur peut monter un petit atelier, et que, sans maître, pourvu qu'il soit soigneux et intelligent, il lui est possible de réussir, non pas, il est vrai, aussi bien qu'un photographe de profession, mais de façon cependant à prendre un goût réel à une distraction scientifique qui est, sans contredit, la plus charmante et la plus intéressante que l'on puisse trouver.

Notre but en écrivant ces pages est de renseigner les amateurs de photographie assez exactement pour qu'ils puissent, à l'aide de ces simples conseils, faire sans autre livre et sans autre guide, leurs premiers pas dans l'art photographi-

que. Nous leur garantissons le succès, s'ils veulent bien suivre *à la lettre* nos indications que nous rendrons aussi claires que possible, en évitant tous les mots scientifiques inutiles, toutes les formules compliquées, tout ce qui, en somme, n'est pas absolument *nécessaire* aux débutants.

Nous n'avons pas l'intention d'écrire un article scientifique, mais absolument *pratique*. Nous voulons que l'amateur puisse arriver immédiatement à faire une photographie présentable : quand il aura atteint ce résultat, dont beaucoup se contenteront peut-être, nous lui dirons : « Maintenant que vous connaissez les manipulations ordinaires, que vous êtes initié aux premiers secrets de l'art, laissez de côté notre livre, et consultez les auteurs qui vous apprendront à vous perfectionner; nous vous avons donné la méthode de lecture, la *citolégie* de la photographie, aujourd'hui que vous savez lire, étudiez les ouvrages plus sérieux ».

En commençant, nous avons éprouvé beaucoup de difficultés à trouver, au milieu de tous les livres qui traitent la matière, les éléments indispensables aux élèves photographes, attendu que tous sont faits pour les personnes ayant les premières notions; notre but est d'éviter aux amateurs ce premier embarras, d'écarter les petits ennuis qui rebutent, dès le début, les insuccès qui découragent; si nous sommes assez heureux pour arriver au résultat que nous nous proposons d'atteindre, nous aurons certainement aidé à faire aimer cet art merveilleux de Daguerre pour lequel nous professons la plus sincère admiration.

III. — DU MATÉRIEL PHOTOGRAPHIQUE.

Nous conseillerons tout d'abord aux amateurs de prendre de préférence un appareil $^1/_2$ plaque pouvant servir à la fois pour portraits et paysages. Ils obtiendront des épreuves de grandeur suffisante (13×18). Quand ils ne voudront faire que de simples cartes de visite, ils pourront n'employer que des glaces $^1/_4$ de plaque (9×12), à l'aide d'un petit châssis intérieur qui, s'emboîtant dans le châssis à volet ordinaire, en réduit la dimension.

Voici la liste des objets indispensables :

Chambre noire à soufflet	1	Petit flacon à collodion	1
2 châssis à collodion	2	Blaireau	1
Objectif (pour portraits et paysages)	1	Crochet d'argent	1
Pied rentrant	1	Planchette à nettoyer les glaces $^1/_2$ plaque	1
Diaphragmes (2 dimensions)	2	Planchette à nettoyer les glaces $^1/_4$ de plaque	1
Châssis positifs	2	Pèse nitrate	1
Boîte à glaces (12 rainures)	1	Éprouvette	1
Cuvette à recouvrement en gutta (pour bain d'argent)	1	Agitateur	2
Cuvette en porcelaine (pour virage)	3	Poudre Dobchy pour nettoyer les glaces	»
Entonnoirs en verre	2		
Verre gradué	1		
Verres à expériences	3		

On peut se procurer tous les objets composant la précédente liste pour la somme de 150 à 180 francs environ.

Les produits qu'il faut acheter en même temps sont :

Nitrate d'argent fondu ou cristallisé	100 gr.	Sulfate de fer	100 »
Cyanure de potassium	1 kil.	Acide acétique cristallisable	100 »
Hyposulfite de soude	1 »	Alcool à 40 degrés	1 lit.
Chlorure d'or	1 gr.	Vernis Marsy ou Séné	$^1/_2$ »

Avant de commencer les opérations photographiques, on devra préparer à l'avance, c'est-à-dire un ou deux jours auparavant, les bains suivants :

Bains pour épreuves négatives.

Bain d'argent [1], 6f,50.	Nitrate d'argent	40 gr.
	Eau distillée	500 »
Bain de fer [2] 1 fr. environ.	Sulfate de fer.	25 gr.
	Acide acétique cristallisable. . .	25 »
	Alcool.	15 »
	Eau ordinaire.	1 lit.
Bain de cyanure [3].	Cyanure de potassium.	30 gr.
	Eau ordinaire.	1 lit.

Ce bain doit rester dans le laboratoire et ne pas demeurer exposé à la grande lumière, qui en altérerait rapidement la pureté.

Bains pour épreuves positives.

Bain de virage [4], 3 francs.	A	Chlorure d'or.	1 gr.
		Eau ordinaire	1 lit.
	B	Acétate de soude.	20 gr.
		Phosphate de soude.	3 »
		Chlorure de chaux.	1 »

Ces deux bains, **A** et **B**, préparés chacun dans un litre à part, doivent être, au bout de deux ou trois heures, mélangés dans un *double-litre;* ils formeront le bain de *virage.*

Nous allons maintenant indiquer dans leur ordre et avec autant de clarté que possible toutes les opérations photographiques.


Fig. 6. — Appareil photographique.

Préparation de la glace. Pose. — La première chose à faire, c'est de mettre au point le modèle que l'on veut reproduire (1). L'opérateur commencera par placer l'appareil bien en face de son sujet, puis, se couvrant d'un voile noir, il cherchera, en tournant dans un sens ou dans l'autre la vis de l'objectif, le plus grand degré de netteté possible (fig. 6). Pour que la mise au point soit parfaite, il faut que les moindres détails apparaissent sur le verre dépoli (qui donne l'image à l'envers). Dans les portraits, on met au point en regardant les yeux ; dans un groupe de plusieurs personnes, la figure de celle qui se trouve au centre du groupe. Il faut enfin placer l'appareil de telle sorte que le modèle soit vu bien au milieu de la glace dépolie.

(1) Quand l'amateur plus exercé saura trouver rapidement la mise au point, il devra ne s'occuper de cette opération qu'après avoir préparé la plaque, c'est-à-dire juste au moment de la pose.

Ces premières précautions prises, l'opérateur rentre dans le laboratoire (qui doit être privé de toute lumière, sauf de celle venant par un carreau jaune), et il prépare la glace sur laquelle l'image doit venir se fixer.

Après avoir enlevé, à l'aide du blaireau, les petits grains de poussière qui peuvent se trouver sur la glace, il la prend entre le pouce et l'index de la main gauche par le coin du bas et verse de la main droite le collodion en assez grande quantité pour que le liquide se répande également et couvre toute la surface (fig 7). On reçoit dans le flacon l'excédant de collodion qu'on fera écouler par le coin droit de la glace. Cette opération est très-facile pour celui à qui l'habitude a donné ce que l'on appelle le *coup-de-main*. Le débutant, pour ne pas

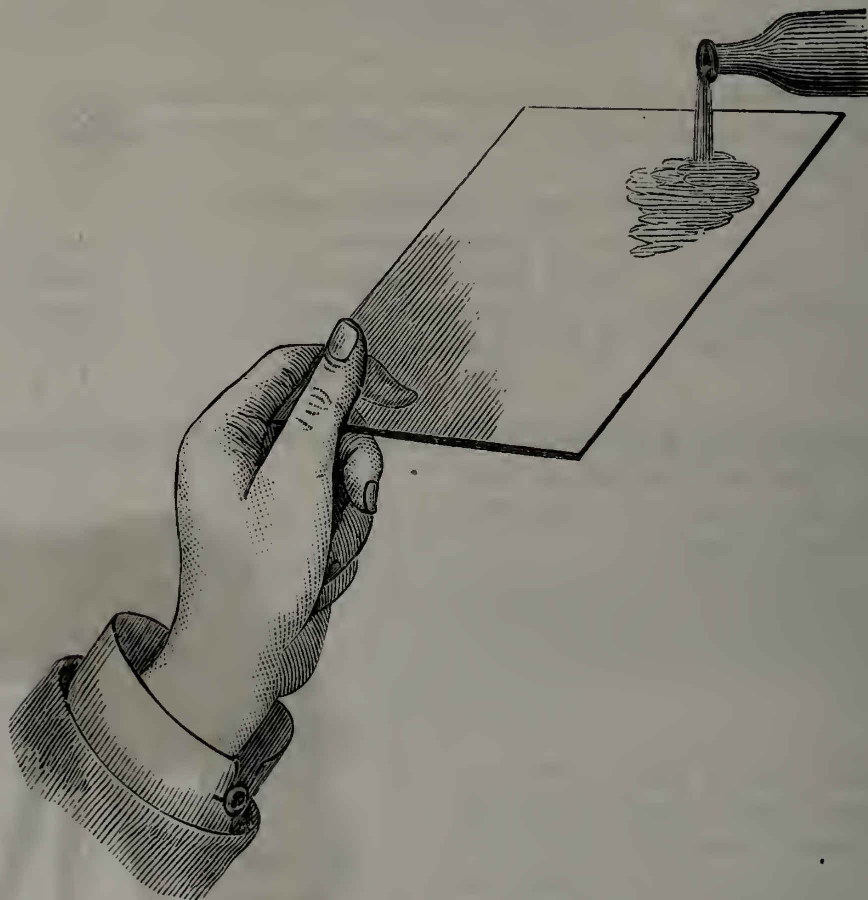


Fig. 7. — Préparation de la glace.

perdre de collodion et pour ne pas salir inutilement des verres, fera bien de s'exercer à l'avance en expérimentant avec de la gomme arabique liquide ou un mélange sirupeux quelconque, dont la densité soit à peu près la même que celle du collodion.

Quand la glace est bien collodionnée et qu'une minute écoulée lui a laissé le temps de sécher, on la plonge dans le bain d'argent [1] qu'on aura eu le soin de verser à l'avance dans la cuvette à recouvrement en gutta. On doit avoir grand soin de faire immédiatement baigner toute la glace à la fois, et d'agiter légèrement la cuvette de façon à ce que le liquide *circule* sur la face collodionnée qui, de transparente, deviendra opaline.

On retire au bout de deux minutes environ la glace du bain d'argent au moyen d'un petit crochet spécial (fig. 8), et on la pose dans le châssis, la partie sensible tournée vers le fond de ce châssis ; on essuie avec un petit chiffon l'envers de la glace qui fait face à l'opérateur et, quand le châssis a été bien fermé et que, par conséquent, la plaque est à l'abri du jour, on l'emporte à l'endroit où attend le modèle.

Les opérations que nous venons de décrire doivent, nous le répétons, être faites dans le laboratoire obscur éclairé seulement par un peu de lumière jaune, et à la rigueur par une bougie, s'il a été impossible de se procurer un cabinet se prêtant aux dispositions dont nous avons parlé.

Pose. — Arrivant devant son modèle avec le châssis conservant la plaque sensibilisée, l'opérateur examinera d'abord si la pose du sujet est correcte, si l'éclairage est bon, si la mise au point est parfaite, puis, enlevant le verre dépoli, il le remplacera par le châssis qu'il apporte ; il lèvera le volet et ouvrira l'appareil après avoir prévenu « qu'il commençait,» que, par conséquent, l'immobilité du modèle est devenue nécessaire.

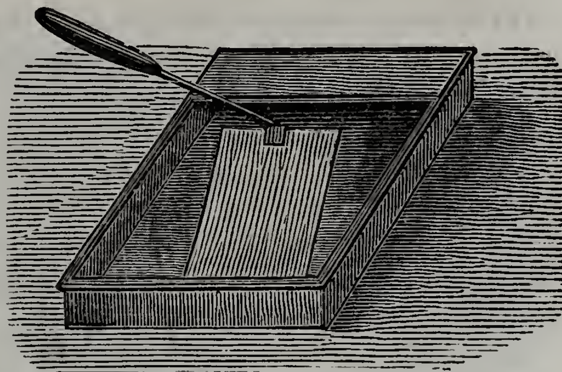


Fig. 8. — Crochet spécial.

Le temps de pose est assez difficile à indiquer d'une façon précise; il varie entre 4 secondes en plein air, par une bonne lumière, et 15 secondes dans un atelier quand le jour commence à décliner. C'est une question d'appréciation. L'expérience seule pourra guider ; nous nous bornerons à indiquer les inconvénients de la trop grande rapidité et d'une exposition trop prolongée : dans le premier cas, on obtient une image heurtée, des blancs trop vigoureux avec un manque absolu de détails dans les ombres. Dans le second, un cliché gris, d'une valeur à peu près égale partout. Le milieu entre ces deux extrêmes constitue la réussite parfaite.

Quand la pose a été jugée suffisante, on ferme l'appareil à l'aide du bouchon de cuivre, on abaisse le volet, et, retirant le châssis, on l'emporte dans le laboratoire pour le développement.

IV. — DÉVELOPPEMENT.

Quand la glace est retirée du châssis, elle paraît à l'œil exactement dans le même état que lorsqu'elle y a été mise, c'est-à-dire blanche, d'une couleur laiteuse. Le liquide révélateur fera petit à petit apparaître l'image qui se trouvait sur la surface collodionnée pour ainsi dire à l'état latent. C'est un moment plus intéressant, plus émotionnant même qu'on ne saurait le croire, et bien des photographes de profession ne peuvent se défendre de ce sentiment à leur millième cliché ! Le chasseur en visant le gibier qui fuit devant lui éprouve une impression certainement moins vive.

Le liquide révélateur est le sulfate de fer [2]. On en remplit à demi un verre à expériences dont on répand rapidement le contenu sur la couche collodionnée; immédiatement l'image commence à devenir visible et on renouvelle l'opération jusqu'à ce que tous les détails soient apparents. Si le cliché, vu en transparence (1), n'est pas assez vigoureux, c'est-à-dire si les parties qui doivent être blanches sur le papier, comme la figure par exemple, ne sont pas assez foncées sur le verre, il faut recourir au *renforçateur* qui n'est autre que le sulfate de fer [2] auquel on ajoute quelques gouttes de nitrate d'argent à 3 $^0/_0$.

Quand le cliché est jugé *à point*, on le lave soigneusement en versant de l'eau

(1) Un cliché doit être regardé en transparence.

sur la couche collodionnée jusqu'à ce que la surface cesse d'être huileuse, et on fixe l'image à l'aide du cyanure de potassium ou de l'hyposulfite de soude.

Le cyanure nous semble préférable en ce sens qu'il donne plus de finesse et de modelé. Mais nous ne saurions trop recommander une extrême prudence à ceux qui veulent employer cette substance : le cyanure de potassium est un poison très-violent; il faut donc, après s'en être servi, se laver soigneusement les mains et éviter autant que possible d'en respirer l'odeur, ses émanations même pouvant, à la longue, devenir dangereuses.

Le bain d'hyposulfite de soude doit être employé à saturation.

On verse le cyanure comme on a versé le sulfate de fer, et on voit immédiatement l'image se transformer. De négative, elle devient positive, c'est-à-dire que les parties qui étaient primitivement noires deviennent blanches, et réciproquement. Ce changement curieux étant opéré, on lave de nouveau le cliché à grande eau, et on peut ensuite le porter à la lumière sans le moindre inconvénient. Quand il est sec, on le vernit afin d'éviter les accidents que produirait presque certainement le tirage sur papier ; le moindre frottement enlèverait, en effet, quelque partie de la couche collodionnée, et le cliché serait perdu ou tout au moins détérioré.

Le vernis se verse sur la glace de la même façon que le collodion (fig. 7). Le vernis Marsy à l'ambre s'emploie à froid, le vernis Séné et le vernis au benjoin à chaud, c'est-à-dire que l'on devra chauffer légèrement le cliché au-dessus d'une lampe à esprit-de-vin avant de verser le liquide. Quand tout est bien sec après cette dernière opération, on peut alors procéder au tirage sur papier, si toutefois les retouches ne sont pas nécessaires.

Retouches. — C'est une très-délicate opération que celle de retoucher les clichés, et les amateurs ne s'en soucient guère pour leurs premières épreuves ; mais à mesure qu'ils font des progrès, ils sentent la nécessité de perfectionner leur travail, et commencent à corriger les défauts de la photographie à l'aide de retouches directes.

Les retouches directes ou sur collodion demandent une grande habileté, beaucoup d'habitude, et le goût artistique ; un bon retoucheur doit avoir la main légère, l'expérience de ce genre de travail, enfin il doit savoir juger quelles sont les parties du cliché qu'il faut mettre en relief, celles qu'il faut laisser dans l'ombre, les blancs à accentuer, ceux à sacrifier, etc. Ce n'est donc pas du premier coup que l'amateur arrivera à bien retoucher.

Les retouches se font à l'aide d'un crayon de mine de plomb taillé très-fin ou encore d'un petit pinceau d'aquarelle. Pendant cette opération, le cliché doit être vu en transparence.

Tirage sur papier. — Le papier photographique peut être facilement préparé par les amateurs. Ils n'auront pour cela qu'à poser les feuilles de papier albuminé sur un bain d'argent à 15 % et de les laisser s'imprégner ainsi de nitrate pendant 3 minutes ; une fois sec, le papier peut être employé. Cependant nous conseillerons vivement à nos lecteurs de renoncer à cette opération qui n'offre aucun intérêt, présente certaines difficultés matérielles, et les obligerait à posséder un bain assez considérable d'argent à 15 % ; ensuite, le papier ainsi sensibilisé ne se conserve que pendant une journée ; à chaque tirage il faut donc faire une nouvelle préparation, et le tirage des amateurs est trop peu important pour que l'économie soit sensible.

On trouve moyennant 1 franc, chez les marchands de fournitures photographiques tels que MM. Audoin, Marion, etc., des feuilles toutes préparées, toutes sensibilisées, et qui peuvent, grâce à un procédé spécial de fabrication, se con-

server pendant plusieurs mois, sans qu'il y ait d'autres précautions à prendre que de les tenir toujours dans l'obscurité complète.

Les épreuves sur papier se font à l'aide du châssis-presse, dont le fond est une glace épaisse; sur cette glace on pose le cliché, le côté collodionné en dessus; on applique sur le collodion le papier sensible, puis on referme les volets du châssis qu'une feuille de papier buvard devra séparer du papier photographique. On expose ensuite au soleil.

Suivant la force du cliché et l'intensité de la lumière, l'exposition variera entre une minute et une demi-heure. Il faut surveiller avec le plus grand soin la *venue* de l'image en relevant un seul des deux volets, ce qui permet de juger du résultat sans déranger le papier; on le retire lorsque la photographie est d'un ton suffisamment intense, c'est-à-dire quand l'épreuve est sensiblement plus foncée qu'elle ne doit l'être définitivement; dans le cours des opérations suivantes, elle baissera de ton certainement. *C'est à ce moment* que nous conseillons de la couper suivant les dimensions voulues à l'aide d'un coupe-cartes (fig. 9).

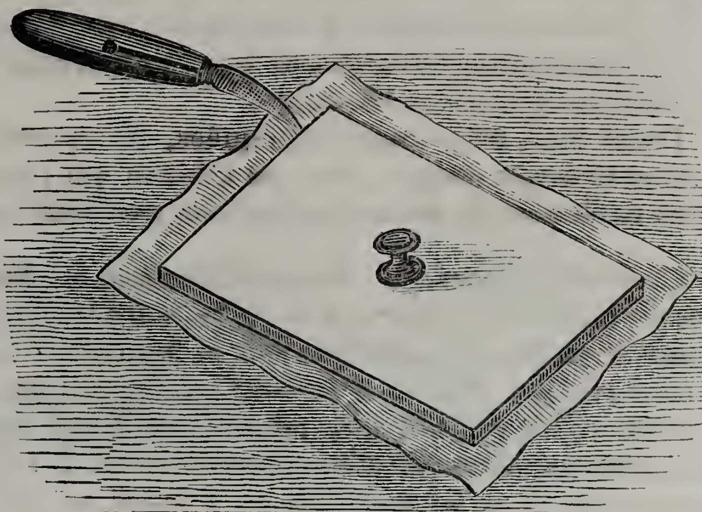


Fig. 9. — Coupe-cartes.

Virage, collage, satinage. — Quand on a un assez grand nombre d'épreuves sur papier pour *faire un virage* (une seule épreuve demanderait autant de soins et de temps qu'un grand nombre), on les laisse d'abord séjourner pendant une demi-heure dans l'eau ordinaire qui enlève le sel d'argent que la lumière n'a pas impressionné. Les images sont alors d'un rouge-brun très-accentué. C'est le moment de les plonger dans le bain de virage [5]. Cette opération se fait au demi-jour. Les photographes y consacrent ordinairement la fin de leur journée.

On laisse les épreuves de 5 à 10 minutes dans le bain de virage au chlorure d'or, en ayant soin de les agiter continuellement, afin que l'effet produit soit bien régulier, et *on ne les retire que lorsque du ton brun-rouge, elles sont passées à la teinte violet foncé.* Enfin le fixage termine les photographies. Il a lieu en laissant les épreuves pendant 15 minutes environ dans un bain d'hyposulfite de soude préparé quelques minutes avant de s'en servir (150 gr. pour un litre).

Plusieurs auteurs recommandent un lavage prolongé et à grande eau entre le virage et le fixage : *nous n'en voyons nullement l'utilité;* après le fixage, par exemple, il est *indispensable.* Les photographies devront même passer toute la nuit dans l'eau avant d'être collées, sans quoi elles jauniraient au bout de quelque temps, et se couvriraient de taches.

En retirant les épreuves positives de l'eau, on les pose les unes à côté des autres sur une large feuille de papier buvard, et, au moyen d'une seconde feuille de même grandeur, on enlève toute l'eau qui les imbibait; il ne reste plus qu'à les coller, encore légèrement humides, sur les bristols préparés ad hoc. La colle qu'emploient généralement les photographes est faite d'un empois d'amidon préparé dans l'eau bouillante.

Il est souvent nécessaire de faire quelques retouches sur la photographie elle-même. Il se trouve fréquemment, en effet, des petits points blancs qu'il faut

faire disparaître; les yeux ont besoin quelquefois d'une petite touche noire pour leur donner de l'éclat... on supplée à ces imperfections au moyen d'un pinceau très-fin imbibé de sépia, d'encre de chine et de carmin.

Les photographes, après le second retouchage, satinent les épreuves en les faisant passer sous un cylindre, ce qui leur donne un aspect brillant très-agréable à l'œil, et bien supérieur, à notre avis, à l'émail dont on a reconnu aujourd'hui les nombreux inconvénients. Il est fort coûteux pour les amateurs de se procurer la presse à satiner; nous les engagerons, s'ils veulent éviter cette dépense, soit à faire satiner leurs épreuves par un photographe de profession soit à les encaustiquer. Il suffit pour cela de mettre sur l'image un peu d'encaustique-Audoin et de frotter avec un morceau de flanelle jusqu'à ce que l'on ait obtenu le brillant désirable.

Telles sont, brièvement expliquées, les opérations photographiques que nous allons résumer encore, dans un tableau qui permettra aux amateurs de suivre plus facilement la série d'indications que nous leur avons donnée.

Conseils divers. — Fonds d'atelier. — Une des raisons qui font paraître mauvaises les photographies d'amateurs les mieux réussies, c'est le manque de fonds : quelle que nette que soit la figure dans un portrait, quels que bien venus que soient les détails, si le fond est trop blanc, trop noir et surtout trop irrégulier, l'effet produit sera certainement fort peu satisfaisant. Un fond d'atelier est donc une chose absolument nécessaire. Il est du reste facile d'en préparer un soi-même, si on ne peut pas en acheter un tout fait : sur un châssis d'environ deux mètres de hauteur sur deux mètres cinquante de largeur, il suffira de tendre du drap ou de la flanelle d'un ton gris ou brun clair. Pour les groupes nombreux, faits en plein air, les fonds sont souvent inutiles; on trouve toujours facilement un mur gris, un péristyle de maison, une entrée de remise qui peuvent au besoin en tenir lieu.

Diaphragmes. — Pour les portraits, mettre dans l'objectif le plus grand des deux diaphragmes et le plus petit pour les paysages et les reproductions. Ce dernier supprimant une grande partie de la lumière, l'opérateur sera obligé de prolonger la pose, qui atteindra sans inconvénient 25 ou 30 secondes, quelquefois plus.

Généralement les amateurs n'ont pas d'atelier; ils font la photographie en plein air. Nous leur conseillerons de choisir pour faire poser leurs modèles un endroit exposé au nord : le sujet ne doit *jamais* être placé au soleil dont l'éclat lui fatiguerait la vue; l'épreuve serait en outre heurtée et mauvaise sous tous les rapports. L'appareil doit être aussi à l'ombre; un rayon de soleil se glissant dans l'objectif ferait nécessairement manquer le cliché.

Nettoyage des glaces. — Cette opération, peut-être la seule ennuyeuse de la photographie, *a une importance capitale.* Sur une glace impure, il est impossible de faire un bon négatif. Les trois quarts des insuccès des photographes amateurs n'ont pas d'autre cause. La meilleure méthode pour nettoyer les verres est celle-ci : on pose la glace sur une planchette à polir (fig. 10), on verse sur la surface quelques gouttes d'alcool auxquelles on ajoute une petite pincée de poudre Dobchy, puis on frotte avec un morceau de flanelle jusqu'à ce que l'haleine puisse couvrir toute l'étendue de la glace d'une buée parfaitement uniforme. Quand les deux côtés ont été nettoyés dans les mêmes conditions, on place la glace dans la boîte à rainures qui la préservera des grains de poussière et du contact de tout objet.

Bain d'argent et bain d'or. — Ces deux bains demandent certaines pré-

cautions indispensables : une goutte de sulfate de fer tombant dans le bain de nitrate le perdrait; il en serait de même d'une goutte d'hyposulfite tombant dans le bassin de virage au chlorure d'or. — Avoir soin, toutes les fois que l'on s'est servi du bain d'argent, de le filtrer en le remettant dans sa bouteille. Il a besoin aussi d'être remonté de temps en temps ; il s'affaiblit, en effet, après la sensibilisation d'une quinzaine de plaques; on le remet en état en y ajoutant 100 gr. de bain nouveau (100 gr. eau distillée, 9 ou 10 gr. nitrate d'argent). Quant au bain de virage, il ne faut pas le filtrer, on le met après s'en être servi dans un litre à part, et, à chaque nouveau virage, on en jette un verre que l'on remplace par un verre de bain neuf pris dans le double litre dont nous avons parlé (chap. II).

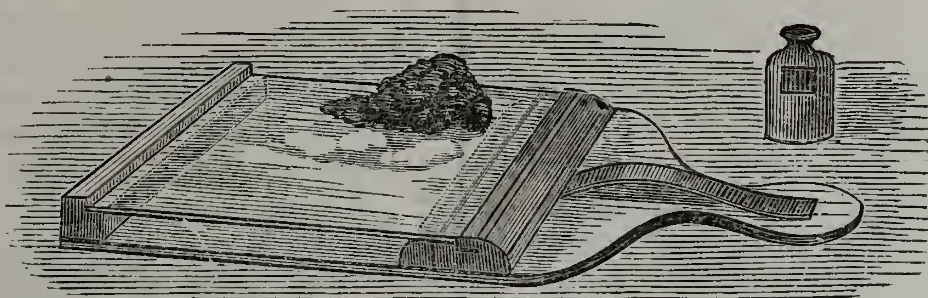


Fig. 10. — Nettoyage des glaces.

Médaillons, caches, etc. — Souvent il arrive qu'un cliché soit bon dans certaines parties, mauvais dans d'autres; la tête et le haut du corps, par exemple, dans un portrait peuvent être bien réussis, quand au contraire le bas est abîmé, taché ou trouble : il est alors utile d'employer les *caches*, et de tirer la photographie en médaillon. Nous ne saurions trop recommander aux amateurs ce moyen de dissimuler bien des imperfections. Il est donc bon d'avoir à sa disposition des caches de toutes les grandeurs.

Les *caches* sont, tout simplement, de petits cadres en papier noir très-mince, qui interceptent la lumière et ne la laissent pénétrer qu'à travers le milieu découpé. C'est de cette façon que les photographes obtiennent les épreuves en médaillon. Si l'on veut ensuite teinter l'entourage, on applique la partie de papier noir enlevée de la cache sur la photographie, de façon à préserver cette fois l'image elle-même, en laissant le reste à découvert; on expose à la lumière dans le châssis-presse, et on retire la photographie aussitôt qu'on a obtenu la teinte désirée. Ce procédé, on ne peut plus simple en pratique, donne d'excellents résultats.

Les photographies dégradées sont aussi faciles à faire ; il suffit pendant le tirage de poser sur le cliché un verre spécial d'une teinte jaune qui va en diminuant vers le centre (complétement incolore). La même chose s'obtient au moyen d'un papier jaune découpé en dentelures; la tête du portrait se trouve au centre, et les dentelures sont de plus en plus épaisses à mesure qu'elles s'en éloignent.

Photographie bleue. — Nous recommandons aussi très-vivement aux amateurs la photographie bleue au bain Baurain, qui leur permettra de reproduire leurs clichés sur papiers de toutes sortes, cartons, soies, etc., etc. Ils pourront, grâce à ce procédé, faire de fort jolis écrans, éventails, etc. Tous les renseignements relatifs à ce genre de photographie sont contenus dans la page 191.

Memento des opérations photographiques.

ÉPREUVES NÉGATIVES.	ÉPREUVES POSITIVES.
Cliché. 1° Collodionner la plaque; 2° La plonger pendant deux minutes dans un bain ainsi composé : Eau distillée. . . . . 500 gr. Nitrate d'argent. . . . . . 40 » 3° Impressionner la glace à la lumière (pose); 4° Développer l'image à l'aide de la composition suivante : Sulfate de fer. . . . . . . 25 gr. Acide acétique. . . . . . . 25 » Alcool. . . . . 15 » 5° Renforcement à l'aide de la composition précédente, augmentée de quelques gouttes d'un bain d'argent à 3 %; 6° Lavage à grande eau; 7° Fixage au cyanure de potassium; 8° Lavage à grande eau; 9° Vernissage de la plaque lorsqu'elle est bien sèche.	**Tirage.** 1° Exposer à la lumière dans le châssis-presse le cliché recouvert d'une feuille de papier sensibilisé; **Virage.** 2° Quand le tirage de toutes les épreuves est terminé, les laisser dans l'eau pendant une demi-heure; 3° Les plonger dans le bain d'or, ainsi composé : Bain d'or. A { Chlorure d'or . . 1 gr. Eau ordinaire . . 1 lit. } B { Acétate de soude. 20 gr. Phosphate. . . . 3 » Chlorure de chaux . . . . . 1 gr. } 4° En retirant les épreuves de ce bain les laisser environ quinze minutes dans un bain de : Fixage. { Hyposulfite de soude 150 gr. Eau ordinaire. . . . 1 lit. } 5° Laver les épreuves et les laisser toute la nuit dans l'eau; 6° Collage, satinage, etc.

V. — L'ÉCLAIREMENT DANS LES TABLEAUX ET DANS LES PHOTOGRAPHIES.

La reproduction de la nature, dans des conditions qui permettent d'en apprécier à la fois l'exactitude et la beauté, demande tant de soins, tant d'études, qu'on ne saurait trop recommander à ceux qui s'en occupent, qu'ils soient peintres ou photographes, de ne négliger aucun des détails qui concourent au perfectionnement, de la pose, et de ne laisser de côté les quelques moyens donnés par la science pour arriver presque mathématiquement au succès. Cette précision scientifique dont nous parlons, ne peut être, il est vrai, que très-difficilement atteinte dans les poses, pour mille raisons qu'il est impossible d'énumérer ici, mais que le lecteur comprendra aisément en se rendant compte des déviations inévitables causées par la mobilité du modèle, les déplacements de la lumière provenant de la marche du jour, etc., etc.

Le peintre peut, dans une certaine limite, remédier à quelques-uns de ces inconvénients en ne travaillant qu'aux mêmes heures, ou en suppléant, par son talent, aux changements d'ombres occasionnés par l'avancement de la journée; mais alors, il lui reste à lutter contre deux obstacles également terribles : la brièveté des séances, qui le force à les multiplier à l'infini; l'absence de vérité dans l'éclairage du modèle dont il est obligé, par son imagination ou son invention, de recomposer les ombres telles qu'il les avait adoptées tout d'abord. Dans

la première hypothèse, il perd son temps; dans la seconde, il n'aura certainement pas la même exactitude que s'il avait pu scrupuleusement copier ce qu'il avait devant les yeux.

Le photographe, lui, n'a pas besoin d'une longue pose; il lui suffit de quelques secondes pour s'emparer de l'image, pour l'emprisonner dans la couche sensible dont sa plaque est recouverte; mais, précisément à cause de sa rapidité, l'opération demande une immobilité absolue (dont le peintre peut se passer); il faut de plus que le modèle soit placé en peu d'instants, car les recherches d'éclairage le fatigueraient avant le moment définitif et compromettraient le succès, en essayant de le rendre plus complet.

Il est donc très-difficile, sinon impossible, d'arriver à l'éclairage parfait. L'artiste peut néanmoins parvenir à une approximation qui suppléera souvent, pour le public, à la perfection qu'il aurait voulu atteindre.

Une erreur singulièrement répandue consiste à croire qu'il faut s'en rapporter absolument à la nature; que, dès que l'on fait les choses *telles qu'on les voit*, on les représente d'une façon saisissante. S'il en était ainsi, la peinture demanderait bien moins de talent, le goût n'aurait plus rien à y voir, et la photographie ne serait certainement pas un art, puisque c'est principalement cette nécessité de la pose et de l'éclairage, artistement combinés, qui la relève et lui permet de prendre une place honorable derrière la peinture qu'elle aide si souvent, en laissant ignorer le précieux concours qu'elle lui apporte.

L'homme, regardant les objets avec ses deux yeux, dit M. Brucke, le savant professeur viennois, a un moyen inestimable de percevoir plastiquement les formes, même quand l'éclairement ne suffit pas à lui seul pour les faire comprendre. Or ce moyen nous manque à l'égard de la peinture et de la photographie. Nous voyons, il est vrai, les images reproduites avec nos deux yeux; mais alors, ce n'est plus au profit, c'est au contraire au détriment de l'effet plastique. Il y a des portraits (où avant tout il faudrait un sentiment juste des formes et des couleurs) peints comme si la lumière venait de tous les côtés et dissipait toutes les ombres. Ces exemples sont bien rares, et généralement une reproduction faite dans de semblables conditions ne donnerait pour résultat qu'une plate et incomplète image. Les yeux n'auraient pas en la voyant l'impression qui leur est produite par le modèle lui-même.

La ressemblance, et, ce que dans les arts on appelle l'*effet*, tiennent en grande partie à la manière dont l'éclairement est obtenu; et si, dans certains admirables portraits du Titien et de Palma-le-Vieux, vus de près, on ne voit pas ces ombres que l'on rencontre dans la grande majorité des tableaux, cela tient à ce que les peintres se sont mis au véritable point de vue, que les ombres qui paraissent au vulgaire public extraordinairement pauvres occupent leur place vraie, et que le tableau est modelé avec une simplicité, une netteté et une clarté parfaites.

L'effacement apparent des ombres à une petite distance ne tient donc en réalité qu'à l'habileté du faire.

Le modelé ne peut exister sans ombres ; c'est une erreur très-grande que de croire que l'on peut se passer d'elles : on doit les rechercher, mais leur donner seulement une valeur suffisante pour l'accentuation des formes. L'excès pourrait au contraire faire disparaître ou tellement modifier la ressemblance que celle-ci, quoique réelle dans les traits, ne serait plus apparente à l'œil.

Quels sont les meilleurs éclairements?

Le plus simple est celui qui vient d'un seul côté; il peut être avantageux dans certains cas, dans d'autres produire le plus déplorable effet; c'est une question de goût pour l'opérateur.

Que l'on se figure une chambre absolument tendue de noir, et le modèle

éclairé par le jour venant d'une seule fenêtre : les ombres seront forcées et manqueront de transparence ; la structure de la tête se détachera, il est vrai, mais les parties non éclairées ne pourront être que devinées.

En peinture, ces effets peuvent être acceptés, ils ne le seront jamais en photographie. L'éclairage d'un seul côté a été et est encore à la mode sous le nom d'éclairage à la Rembrandt ; il n'est supportable que lorsque les ombres sont rendues transparentes à l'aide de réflecteurs blancs, qui tamisent la lumière diffuse et donnent aux parties obscures la valeur de pénombres. Dans ces conditions, l'impression produite sur l'œil peut être assez bonne, mais les traits sont nécessairement accentués, c'est-à-dire que les portraits d'homme peuvent seuls supporter cet éclairement.

De quel côté doit-on, généralement, faire venir l'éclairement? Tout d'abord il est évident que jamais il ne doit arriver par derrière : le modèle ne recevrait dans ce cas qu'une lumière diffuse et réfléchie. Dans les grands tableaux à nombreux personnages, il est à remarquer que ceux qui sont placés dans un sens opposé au jour sont toujours sacrifiés et servent seulement à faire valoir les autres.

Doit-on faire arriver la lumière par devant, c'est-à-dire parallèlement au regard du peintre ou à celui de l'objectif?

Ce procédé ne donne que des surfaces également éclairées, et tout modelé disparaît. L'illusion n'existe plus. Le seul moyen de remédier à l'éclairage de face, c'est de ne laisser passer la lumière de tous les autres côtés que juste assez pour ne pas altérer la délicatesse des transitions. Le relief obtenu dans ce cas est étrange et doit par conséquent être évité.

La position normale du modèle est celle qui le présente de trois quarts, c'est-à-dire dans la situation intermédiaire entre la pose de face et celle de profil. La lumière est dirigée sur la partie non raccourcie du visage. Celle qui se trouve plus fuyante reste dans la pénombre.

D'après Léonard, la lumière doit tomber à 45° sur l'horizon. Cette règle doit presque toujours être appliquée, à moins d'une raison contraire et d'un cas spécial.

Les photographes ne sauraient trop étudier la question d'éclairement : les portraits aussi bien que les paysages n'ont de valeur que par l'habile distribution de la lumière et des ombres qui permet de représenter la troisième dimension. Dans les paysages, la perspective aérienne n'est pas suffisante pour *faire fuir* les derniers plans, et à certains moments de la journée la photographie ne donnerait d'un site qu'une image plate et sans profondeur.

M. Liebert, dans son remarquable ouvrage, donne quelques utiles renseignements sur l'emploi de la lumière :

« L'action chimique de la lumière varie beaucoup, selon l'état de l'atmosphère. Par un beau jour clair, elle sera plus rapide que par un temps couvert et sombre. La lumière, pour agir sur les substances chimiques employées à la formation de l'image photographique, doit être blanche. La lumière du gaz, d'une bougie, même celle du soleil traversant un verre jaune n'a, en quelque sorte, aucune action sur les sels d'argent. La lumière électrique, la lumière au magnésium, avec celle du soleil, les fait noircir.

Pour les vues naturelles, les conditions de lumière qui sont préférables sont celles qui placent les points des paysages à reproduire dans un éclairage d'une intensité à peu près égale.

Doit-on aller jusqu'à dire qu'il faut choisir l'heure où le soleil aux environs du zénith projette la lumière de haut, parce qu'alors les ombres portées sont peu considérables? Cette règle ne nous semble pas devoir être rigoureusement

observée. Un paysage presque sans ombres serait aussi fade et aussi peu intéressant qu'un portrait éclairé par une lumière venant de face.

Toutes les couleurs ne se reproduisent pas également vite. Il existe en effet certaines déviations dans la coloration provenant, au point de vue physiologique, de ce que l'échelle des intensités de sensibilité est également différente pour les différentes couleurs. L'œil lui-même s'aperçoit facilement de ce phénomène. L'intensité de la sensation produite par une lumière d'une couleur déterminée dépend absolument de la réaction propre au système nerveux excitée par l'influence de la lumière en question. On a mesuré l'intensité des lumières colorées, et on a trouvé, par exemple, que dans des ombres faibles, la sensibilité de notre œil est la plus forte dans le bleu et la plus faible dans le rouge. Dans le bleu, on reconnaît une différence de 1/205e jusqu'à 1/268e d'intensité de lumière; dans le rouge 1/16e : le rouge laisse donc relativement l'œil plus insensible que le bleu.

Le rouge, le jaune, le noir, le vert sont beaucoup plus longs à s'impressionner que le blanc, le bleu, le lilas et le rose. On doit donc tenir compte des couleurs du modèle à reproduire, pour le temps de la pose. Il est très-difficile de photographier les magnifiques effets de coucher de soleil, le rouge et le jaune qui dominent alors étant des couleurs peu photogéniques.

En résumé, il y a certaines restrictions à apporter à la reproduction fidèle de la nature dans les œuvres d'art. L'artiste, dit M. Helmholtz, est obligé de choisir habilement l'ordre perspectif de ses objets, leur place, leur disposition, les effets de lumière et d'ombre, afin de nous donner une image facilement intelligible de leur grandeur, de leur forme, de leur éloignement; la nature doit être souvent non pas copiée, mais traduite; la photographie peut arriver à ce résultat aussi bien que la peinture, principalement grâce à l'heureux éclairement.

Il existe, comme il est facile de s'en rendre compte par ce qui précède, une analogie parfaite entre les règles d'éclairement suivies par les peintres et celles suivies par les photographes : le même soin, le même goût, le même talent sont nécessaires Peut-on admettre qu'un opérateur sans art, ne sachant photographier que comme une machine inconsciente, puisse arriver aux résultats qu'obtiendrait un artiste habile? Nous ne le pensons pas. Et si, par exception, il en était ainsi, quelle conclusion pourrait-on en tirer? Le plus médiocre des peintres ne peut-il copier exactement l'*effet* d'un tableau de maître, et donner ainsi à la peinture la plus vulgaire, l'éclairage qui, dans certaines toiles de Rembrandt ou du Corrége, montre la sublime inspiration de ces immortels génies?

La photographie est-elle un art?

La photographie est-elle un art? Quand cette question était posée, il y a une vingtaine d'années, elle était bien souvent résolue dans un sens défavorable à la sublime découverte de Daguerre. On songeait peu, en effet, dans les premiers temps, à rechercher les effets artistiques, les poses avantageuses, les éclairages favorables, les gradations de teintes; l'opérateur était satisfait de lui-même et le public content du résultat obtenu, lorsque l'image représentait exactement et surtout nettement le modèle donné. Peu habitué, dans les portraits à l'huile et au crayon, à la précision que l'on trouvait dans la photographie, on la considérait comme la plus grande et quelquefois même comme la seule qualité de la nouvelle invention. Les photographes sacrifiaient naturellement au goût du public, qui, il faut l'avouer, était aussi le leur, et les épreuves

d'alors ne pouvaient certainement pas faire répondre « *oui* » à la question qui sert de titre à ce chapitre. On se faisait photographier toujours en pieds, ce qui, pour les cartes, obligeait à tirer les personnages très-petits; les jambes et les bras auxquels il est assez difficile de donner, dans un portrait, une pose seyante et naturelle, ajoutaient de nouveaux obstacles à la réussite ; enfin joignons à cela la gêne de l'appuie-tête, considéré comme absolument indispensable et la trop fréquente inhabileté des photographes d'alors, et il sera facile de se rendre compte des défauts de toutes sortes qui se rencontraient dans les photographies faites avant 1860.

Aujourd'hui les conditions ont bien changé.

Les hommes les plus intelligents et les mieux doués, au point de vue artistique, les savants les plus experts, se sont occupés de photographie; ils ont enlevé le monopole de ces reproductions nouvelles aux manœuvres qui dans les premiers temps de la découverte l'exploitaient presque seuls, et ne comprenaient pas tout le parti qu'il était possible d'en tirer; si de mauvais peintres d'enseignes s'adonnaient seuls à la peinture, ne cesserait-elle pas bientôt elle-même de paraître un art? A mesure que l'on a perfectionné les moyens d'exécution, on a découvert que la photographie présentait d'incalculables ressources.

Le genre des premiers portraits se démoda rapidement; on comprit que la tête du modèle avait seule un intérêt sérieux, et que généralement le costume qui est rendu avec autant d'exactitude que la figure, ne faisait, quand on le reproduisait au complet, que disséminer l'attention sur toute l'épreuve, et par conséquent, enlever à la partie marquante la totalité d'intérêt qui lui revient de plein droit.

On a reconnu bien vite un autre inconvénient aux photographies en pieds, c'est que les modes une fois changées semblent ridicules et provoquent le sourire et la critique au bout de peu d'années.

Les mêmes observations peuvent être faites pour la peinture. Aucun artiste de talent ne fera un portrait dans lequel il traitera les vêtements avec autant de soins que la figure, et où les détails de la toilette et des fonds attireront les regards aux quatre coins de la toile. Aucun artiste de valeur, si son modèle le laisse absolument libre (ce qui est assez rare, malheureusement), ne le prendra affublé d'habits dont la mode, contraire à toute espèce de raison, doit nécessairement passer avec la saison qui l'a apportée.

De plus, chaque jour des perfectionnements de natures diverses sont venus donner aux photographes des facilités plus grandes pour faire un art de ce qui, tout d'abord, n'était qu'un métier. Ils ont maintenant des ateliers construits de telle sorte qu'ils peuvent donner aux sujets l'éclairement qu'un peintre rechercherait pour ses portraits; leurs appareils sont assez bien faits et assez commodes, pour que la question matérielle qui préoccupait beaucoup leurs devanciers ait disparu pour eux; ils donnent aujourd'hui tous leurs soins à la pose, aux jeux de la lumière et de l'ombre, à l'expression, à l'*effet*.

Pour se rendre compte des résultats que peut obtenir la photographie moderne, il suffisait du reste de voir à l'Exposition de 1878 les admirables épreuves exposées par MM. Disderi, Mulnier, Braun, Tourtain, etc.

Les vues de Suisse de M. Braun, ses épreuves inaltérables aux encres grasses, ses reproductions, ses portraits au charbon (grandeur naturelle) ont forcé bien des peintres à avouer que la photographie pouvait s'élever jusqu'à l'art.

Ne faut-il pas, en effet, un portrait de maître, pour surpasser ces délicieuses images qui rendent si bien l'expression du modèle, son regard, son attitude saisis sur le vif, en trois secondes de pose? Et nous ne parlons pas des traits dont la scrupuleuse exactitude ne peut être contestée. Qui peut se flatter de

trouver la ressemblance d'une façon plus parfaite? Enfin comment ne pas devenir admirateur de la découverte de Niepce et de Daguerre, en songeant que ces épreuves si remarquables peuvent être reproduites à l'infini!

La photographie est appréciée de tout le monde; il n'est personne qui n'ai posé au moins une fois devant un objectif, et qui n'ait été heureux de recevoi le portrait-carte de ses parents et de ses amis. Certaines personnes cependant nient les qualités artistiques de ces images qu'elles prétendent faites par un ouvrier inconscient : le soleil.

Elles admettent que l'opérateur peut avoir plus ou moins de talent, mais prétendent que donner le nom d'*art* à la photographie, c'est aussi ridicule que d'en décorer le métier de cordonnier ou de tapissier.

« Il y a, disent-elles, de bonnes et de mauvaises photographies, comme il y a de bonnes et de mauvaises chaussures, l'ouvrier peut être plus ou moins habile, mais fût-il le plus habile de la terre, il ne devra jamais prétendre au nom d'artiste. Ce qui constitue l'artiste en effet, c'est la faculté inventive, c'est la conception des idées, qui, traduites par sa main sur le papier, la toile ou le marbre, deviendront les superbes compositions que tout le monde admire.

Le photographe, lui, ne peut rien créer, il ne peut même rien modifier. Il reproduit le modèle qui pose devant son objectif sans pouvoir empêcher la lumière de représenter ses défauts eux-mêmes, avec une maladresse à laquelle il est souvent impossible de remédier, même par les retouches les plus habilement faites. Un retoucheur n'est pas un artiste, et cependant dans un portrait photographique, le retoucheur est le seul dont la main travaille avec liberté, c'est-à-dire dirigée par la volonté.

Dans toutes les autres opérations, le résultat est obtenu soit par le soleil, soit par les réactifs et l'opérateur peut à peine diriger leur action. »

Il y a, on ne saurait le nier, beaucoup de vrai dans les critiques que les peintres adressent à la photographie; aussi, presque tous ceux qui savent tenir un pinceau ne diront-ils jamais, l'*art* de Daguerre, mais la *découverte* de Daguerre; mais si, quand l'instrument est guidé par une main inexpérimentée, la perspective aérienne et la perspective linéaire sont souvent altérées, on ne saurait nier que lorsque l'opérateur possède à la fois le goût de peintre et l'adresse du manipulateur, les résultats qu'il obtient sont véritablement artistiques. Grâce aux perfectionnements modernes, certaines photographies peuvent rivaliser avec les sépias et les encres de chine les plus remarquables; les miniatures les plus étudiées sont souvent laissées bien loin, par les épreuves photographiques qui sortent des ateliers en renom.

En résumé, et malgré tous ses détracteurs chaque jour moins nombreux, la photographie, faite dans certaines conditions, devient un art, privé, il est vrai, des caprices de la fantaisie, mais qui, tout en étant obligé de rester dans les limites de la réalité, n'en a pas moins un champ bien vaste : la reproduction exacte de tout ce qui existe dans la nature.

Que de services elle peut rendre à la peinture, cette sœur que son aînée affecte souvent de renier! que de précieux documents elle lui apporte! que d'études, de recherches, de peines, elle évite aux dessinateurs, aux peintres, aux architectes!

Grâce à elle, ils ont sous la main tous les chefs-d'œuvre qu'ils étaient autrefois obligés d'aller admirer dans les pays qui les conservent avec respect; aujourd'hui, sans quitter son atelier, le peintre peut avoir une idée toujours exacte des toiles qui font la gloire des plus célèbres musées d'Europe.

Plus vraies, plus saisissantes que des gravures, ces reproductions s'entasseront dans les cartons de l'artiste, et seront pour lui une mine inépuisable, d'où

il pourra tirer tous les renseignements précieux qui l'aideront lui-même à faire un tableau digne du grand art qu'il cultive.

Le paysagiste a-t-il besoin d'une silhouette d'arbre, d'une forme de rocher ou de branche, d'une pose de personnage manquant dans la nature qui est devant ses yeux? il n'a qu'à consulter les études faites dans ce but par des photographes habiles; il n'aura plus besoin d'avoir recours à son imagination pour l'achèvement de sa toile, qui perdrait sans cela le caractère de vérité dont une œuvre sérieuse ne saurait se passer.

Grâce à la photographie, l'architecte a maintenant tous les monuments qui existent sur terre : non-seulement les églises, les palais, les théâtres qui ornent nos villes de France, les superbes temples païens de la Grèce et de l'Italie, les châteaux dont les ruines noircies par le temps montrent encore l'antique splendeur, mais encore les mosquées de la Turquie, les pagodes de la Chine et du Japon, les constructions bizarres des peuples d'Afrique et d'Océanie; quelle que soit l'œuvre qu'on l'ait chargé de construire, qu'il ait à bâtir une cathédrale ou un opéra, un palais de justice ou la fantaisiste demeure de quelque capricieux millionnaire, la photographie lui fournira tous les modèles qu'il pourra souhaiter.

Depuis que l'on connaît l'héliogravure, l'albertypie et les procédés nouveaux de M. P. Dujardin, la gravure tend à disparaître : les illustrations qui ornent certains journaux sont faites aujourd'hui à l'aide de procédés photographiques et acquièrent ainsi une perfection qu'elles n'avaient pas encore pu atteindre.

Partout la photographie fait faire de sensibles progrès; ses applications s'étendent tous les jours et il est impossible de prévoir où s'arrêteront tous les services qu'elle est appelée à rendre.

En météorologie on s'en sert pour enregistrer avec une précision mathématique les variations barométriques et thermométriques. L'astronome obtient par elle l'image des astres qu'il étudie; il garde ainsi la preuve de leurs révolutions dont, sans elle, il ne resterait que le souvenir.

Le génie militaire emploie la photographie pour lever ses plans, reproduire ses cartes; la police pour faire parvenir en peu de temps à toutes les frontières le signalement des criminels qu'elle poursuit. Partout on trouve maintenant une application utile de l'art de Daguerre, il n'est pas aujourd'hui une seule science qui ne se serve d'elle. Qui pourrait assigner une limite à ses progrès? Qui oserait affirmer qu'elle n'ira pas plus loin, beaucoup plus loin? L'avenir est devant elle rempli de trouvailles nouvelles à peine ébauchées, mais qui certainement lui apporteront une gloire plus grande et causeront de nouvelles admirations. Les couleurs seront un jour saisies par elle, comme aujourd'hui les jeux d'ombre et de lumière; les essais presque décisifs qui ont été faits sont un gage de réussite pour une époque qui n'est pas éloignée et qu'illustreront bien d'autres découvertes.

Paul Nancey.

LE GÉNIE RURAL

MACHINERIE AGRICOLE

PAR

M. J. A. GRANDVOINNET,

professeur de Génie rurale à l'école nationale d'agriculture de Grignon.

L'Agriculture est peut-être l'industrie qui consomme le plus de force motrice; et, comme nous l'avons déjà dit (1), elle la demande forcément aux agents moteurs les plus coûteux : l'homme, le cheval et la vapeur. Le bon emploi des forces motrices dont il peut disposer est donc, pour un cultivateur, un *desideratum* de première importance. Comme nous aurons souvent à signaler, dans les machines agricoles proprement dites, l'économie de force motrice, au premier rang des qualités à rechercher, il est nécessaire que nous commencions par examiner les appareils qui permettent de déterminer la dépense de force ou de travail moteur dans les diverses opérations de l'agriculture.

De la mesure des forces et de leur travail. — La quantité de force motrice qu'exige une opération industrielle quelconque étant un des éléments du *prix de revient* du produit obtenu, il est utile, à ce premier point de vue, de savoir mesurer la grandeur de cette *force* motrice ou plutôt de son *travail mécanique*. La force *motrice* n'est du reste nécessaire que pour *vaincre* ou *équilibrer* les *résistances* inhérentes à l'opération industrielle.

L'équation générale du *travail mécanique* dans une machine est, comme on sait :

Travail moteur = Travail résistant, ou, par abréviation. $T = T^r$. (1).

Toutefois, si le moteur est ordinairement unique, il y a toujours nombre de résistances : la principale est la résistance *utile*, ou plutôt la résistance *forcée*, inhérente à l'*outil* ou à l'*opérateur*. Le second genre de résistances est inhérent à l'emploi des *organes* de transmission interposés entre le moteur et l'outil. Ces organes glissant, tournant, ou roulant, pendant qu'ils sont soumis à la pesanteur et à des pressions ou réactions provenant de la résistance utile, font naître des frottements de *glissement* ou de *roulement*.

Par suite, l'équation si simple du travail (1) peut être écrite ainsi avec plus de détails :

Travail moteur = Travail de la résistance utile + Travail des frottements :

$$\text{ou } T^m = T^u + T^f \dots (2).$$

Or, dans plusieurs machines destinées à l'exécution du même *ouvrage*, industriel ou agricole, les organes peuvent être assez diversement disposées pour

(1) Voir nos *Études sur l'Exposition de* 1867.

que l'une d'elles plus simple ou mieux étudiée, dépense moins de travail de frottements. Cette machine, si d'ailleurs elle exécute aussi bien l'ouvrage, est plus avantageuse que les autres, puisqu'elle dépense moins de travail moteur pour le même produit.

Cette supériorité d'une machine dépensant moins en frottements, se traduit par une économie d'argent; puisque tout moteur *coûte*, *dépense* ou se *paie*, que ce soit un homme, un cheval ou un bœuf, une roue hydraulique ou une machine à vapeur. Si, outre la diminution du travail des frottements, par des simplifications qui diminuent le coefficient de ce frottement, ou changent sa nature, ou restreignent le chemin décrit par les surfaces frottantes, ou diminuent le poids de chaque organe mobile, l'usure de la machine sera moindre et sa durée plus grande. Ainsi, la bonne disposition des mécanismes de transmission peut avoir pour bons effets: l'économie de force motrice, la plus grande durée de la machine, une moindre dépense d'entretien et de réparations. D'autre part, l'outil exécutant l'ouvrage peut être disposé de façons diverses : ce sera, par exemple, *un versoir de charrue* dont la courbure et la longueur peuvent varier bien que l'opération à faire reste la même. Si donc on a des moyens de déterminer la résistance *utile* pour ces diverses formes de versoirs ou d'outils, il y aura lieu de choisir celui qui, pour exécuter le même ouvrage utile, exigera le moins de force motrice. Ainsi, en définitive, dans toute industrie, il y a intérêt à déterminer d'abord le travail moteur dépensé en *totalité* par une machine pour apprécier la valeur de celle-ci, comme ensemble de mécanismes; et ensuite, le travail dépensé *utilement* ou par l'ouvrage utile pour apprécier la valeur de la partie principale de la machine, l'*outil*. La machine qui exige le moins de travail moteur dans ces deux cas est la meilleure.

C'est d'après ces principes généraux que, depuis 1856, nous proposons vainement, quoique sans contradiction ouverte, un mode rationnel d'appréciation des machines, pouvant seul permettre de les juger équitablement. Bien que, fort souvent, et entre autres dans les *Études sur l'Exposition de 1867*, nous ayons décrit notre *méthode*, il est nécessaire de la résumer aujourd'hui, sans nous faire d'illusions sur le résultat que peut avoir notre insistance sur ce sujet; mais en adoptant comme épigraphe cette phrase d'un auteur célèbre, mort découragé.

«.....*L'homme convaincu ne se décourage point; le travail n'est pas seulement sa consolation: c'est sa vengeance.....*» (*Revue des Deux Mondes 1861.*)

Nous partons d'une proposition évidente : une machine quelle qu'elle soit n'est adoptée dans une industrie qu'à deux conditions: 1° le travail agricole ou industriel qu'elle exécute est *aussi bien fait* que celui que donne la main de l'ouvrier spécial; 2° le *prix de revient* du travail de la machine est inférieur à celui du travail manuel. L'inventeur vient souvent trop tôt; car ce n'est qu'à partir du moment où la machine satisfait aux deux conditions énoncées qu'elle commence à être adoptée. Elle se perfectionne ensuite constamment, dans les deux voies principales : *perfection du travail, économie du prix de revient.* Parfois, surtout en agriculture, le temps, que nécessite la besogne à faire, doit être pris en considération : l'époque à laquelle doit se faire telle opération agricole ne laisse souvent que quelques jours aux travailleurs, ou à la machine qui les doit remplacer. Il suffirait donc parfois qu'une machine fasse la besogne agricole assez bien et au même prix que les ouvriers, mais plus vite, pour qu'elle fût adoptée.

Ce sont ces considérations générales sur le rôle des machines qui servent de base à notre *mode rationnel de jugement.* La meilleure machine est celle qui exécute le mieux la besogne désignée et au plus bas prix possible, la vitesse de l'opération pouvant en certains cas être prise en considération. Nous n'avons

rien à dire de la *perfection du travail* industriel ou agricole demandé à la machine: les industriels et les agriculteurs sont pour cela évidemment les meilleurs juges dans leurs diverses spécialités.

Quant au *prix de revient* d'une besogne quelconque, il a toujours plusieurs éléments différents. Chacun de ces éléments est influencé par une qualité propre de la machine; de sorte que l'ensemble des qualités de cette machine ayant, pour résultat final, une certaine diminution du prix de revient de l'unité de travail, il y a lieu de rechercher si certaine *qualité* a plus d'influence que chacune des autres sur ce prix de revient. Ce sera alors la *qualité princesse ;* chacune des autres aura une part d'influence, réelle, mais moindre et dont il faudra déterminer l'importance. On arrive donc à cette règle: pour apprécier, sans erreur, les qualités des machines destinées à une même opération agricole, il faut *hiérarchiser* ces qualités; et le rang de chacune d'elles doit être déterminé par son influence relative sur la diminution du prix de revient.

Ce que nous venons de dire des qualités qui influent sur l'économie de l'opération s'applique, de tous points, à celles dont dépend la perfection du travail. Ce que nous venons de démontrer est admis d'intuition en Angleterre, aux États-Unis et même en Allemagne: il a été même parfois admis en France; et l'on y a jugé d'après des *Échelles de points empiriques.* Mais jamais (sans cela notre épigraphe n'aurait pas de saveur), jamais notre méthode n'a été prise en considération dans nos concours, bien qu'elle n'ait jamais été attaquée ostensiblement. La méfiance envers les hommes spéciaux paraît être le commencement de la sagesse dans tout ce qui a trait au jugement des machines agricoles dans nos concours ou expositions.

Si nous rappelons, avec insistance, notre *méthode de jugement* c'est que nous pensons remplir un devoir professionnel envers notre pays. Nous le faisons sans amertume, et même avec une certaine satisfaction, au souvenir de tel ingénieur prétentieux, c'est de son âge, qui trouve qu'il y a toujours trop de savants dans les jurys, et y sollicite avec confiance son admission; ou de tel ancien constructeur qui réalise bien l'idéal du précédent, puisqu'il pense qu'un dynanomètre donnant la traction moyenne, par mètre de largeur de scie d'une moissonneuse, ne permet pas de déterminer le travail moteur qu'exige la coupe d'un mètre carré de la récolte.

Notre méthode rationnelle de jugement étant admise dans son principe, il faut *pour chaque catégorie de machines*, déterminer le prix de revient de l'unité du travail parfaitement exécuté pour pouvoir donner à chaque qualité son rang *hiérarchique* et en conclure ce qu'on appelle une échelle de points. En Angleterre et ailleurs, comme nous l'avons fait pressentir, les échelles de points adoptés sont *empiriques ;* elles sont déterminées par les *idées* qu'ont de la perfection des machines les divers constructeurs et les jurés; mais les uns et les autres sont loin d'être d'accord et l'on est forcé de faire alors ce que l'on appelle une *cote mal taillée*: les constructeurs ont, en effet, des *desiderata* peu d'accord avec les intérêts réels des acheteurs que doivent représenter les jurys de récompenses. En procédant avec notre méthode, on a plus de certitude d'obtenir une parfaite *échelle de points ;* mais nous ne négligeons pas, il s'en faut, les indications des constructeurs de machines, tout en n'ayant égard à leurs chiffres que sous bénéfice d'inventaire.

Nous avons déjà déterminé rationnellement les échelles de points pour les *charrues*, les *semoirs*, les *faucheuses*, les *moissonneuses* et les *véhicules*, d'une part; les *moteurs à vapeur*, les *batteuses* à blé, les *hache-paille* et les *coupe-racines*, d'autre part. Pour ces détails spéciaux, nous sommes forcé de renvoyer aux divers journaux agricoles dans lesquels nous avons écrit depuis 1856, l'*Agriculteur praticien*, l'*Agriculture progressive*, le *Génie rural*, le

Journal d'Agriculture pratique et surtout aux *Études sur l'Exposition de 1867*, où l'on trouvera suffisamment de détails pour comprendre la manière d'appliquer notre méthode, qui exige évidemment une parfaite connaissance des travaux agricoles. Nos monographies des diverses machines agricoles: *Rouleaux*, *Herses*, *teilleuses*, *Hache-paille* et *broyeurs d'ajoncs*, *coupe-racines*, etc., donnent les éléments nécessaires à la détermination d'une *échelle de points* rationnelle. Nous ne voulons que rappeler ici cette conséquence de nos études spéciales:

Pour tous les instruments et machines agricoles, il y a *nécessité absolue*, pour assurer un jugement équitable, de faire des essais dynamométriques. Et même, suivant nous, le jugement, ou le classement, doit toujours être le résultat de trois épreuves: la première étant destinée à constater la qualité du travail agricole, aura pour juges des *cultivateurs;* la seconde, destinée à déterminer le travail brut et net, dépensé par la machine, est l'épreuve dynamométrique, qui aura pour juges et pour opérateurs des ingénieurs non constructeurs, admettant la science. La troisième épreuve, celle de la fabrication, aura pour juges des anciens constructeurs complétement désinterressés, c'est-à-dire non commanditaires de leur successeur. Du reste, dans chacune de ces épreuves, ce n'est pas par un vote secret des jurés que l'on doit procéder: l'épreuve se traduit par des chiffres que les jurés ne peuvent changer et dont ils doivent tenir compte. Les résultats étant constatés au grand jour, il faut que les *points* soient donnés à découvert: le *sentiment* ou l'*opinion* du juge ne sont *rien*; les *résultats* d'épreuves *sont tout*.

En opérant ainsi, on éviterait toutes récriminations. La collation des récompenses ne dépendant plus de l'*opinion* des jurés, mais de la *constatation* de résultats d'épreuves faites en présence des intéressés, qu'importerait qu'il y ait par exemple, pour juger les machines à vapeur, un employé d'une fabrique de ces moteurs, et, pour juger les batteuses, un commanditaire d'un fabricant de machines à battre, etc., etc. Ces jurés, il est vrai, pour éviter toute critique mettent presque toujours leurs maisons *hors concours;* c'est fort bien et cela suffit en nombre de cas : mais, dans le jugement des machines agricoles et autres, se mettre *hors concours* n'est-ce pas se donner vis-à-vis des acheteurs une position trop belle?

On voit donc que l'adoption de notre mode d'appréciation des machines est désirable à tous les points de vue, même dans une Exposition universelle, où l'on récompense le plus souvent cependant une *maison* plutôt qu'une machine. De sorte que l'acheteur, dans tout ce qui a rapport à la valeur d'une machine, n'a rien à apprendre par la publication de la liste des prix que l'on peut retarder autant que l'on voudra sans nuire à personne, car les machines agricoles n'ont pas été jugées: les essais ont été facultatifs et faits dans des conditions fort inégales pour les divers concurrents. Nombre de constructeurs, les Anglais plus spécialement, n'y ont pas pris part.

Dans l'intérêt de ceux qui pourraient avoir à appliquer notre méthode, lorsque notre présence ne lui fera plus tort, nous allons faire connaître les instruments nécessaires dans les épreuves que nous conseillons: c'est-à-dire les divers dynamomètres proposés, et examiner ceux que renferme l'Exposition.

Des dynamomètres en général. — Bien que les dynamomètres ne soient pas des instruments agricoles, ils peuvent rendre tant de services, dans l'étude et la comparaison des machines de toute espèce employées sur les exploitations rurales, que nous en avons dû faire une étude spéciale. Les types de jurés dont nous avons parlé, et un certain nombre de cultivateurs, font bon marché du gaspillage des forces motrices que l'on remarque dans la plupart des machines agricoles: mais leur opinion, si leur ignorant dédain mérite ce nom, ne

supporte pas l'examen. Pour tous les instruments de préparation du sol, et même pour les semoirs et les houes, quoique à un degré moindre, la force motrice et son inséparable main-d'œuvre de conduite, sont les éléments principaux du prix de revient du travail ; la différence entre ce qu'exige de force une bonne et une mauvaise charrue peut s'élever à 60 $^0/_0$, pour l'exécution du même travail: le temps employé doit être pris en considération ; et il dépend évidemment de la force motrice qu'exige l'unité de travail. Jamais un cultivateur n'a pu, à notre connaissance, faire *tous* les travaux de préparations désirables dans ses terres, pendant le laps de temps favorable que lui laissent les saisons ou époques culturales.

Si l'on admet que le seul travail utile d'une charrue consiste dans le *découpement* et le *retournement* de la terre, on peut dire qu'il n'est qu'une fraction assez faible du *travail moteur* dépensé. Le seul transport de la charrue peut employer de 30 à 40 $^0/_0$ de la traction totale. Un bon soc, un coutre bien placé, un versoir de bonne forme peuvent, tout en faisant parfaitement le travail demandé, le découpage et le retournement de la terre, économiser une notable fraction du travail moteur. Le dynamomètre seul peut donner des indications certaines pour guider les jurés et les constructeurs.

Les instruments de récolte qui ne peuvent fonctionner que pendant un temps très-limité, doivent aussi n'exiger que la moindre traction possible, afin de permettre une grande vitesse à l'attelage, ou réduire cet attelage au minimum. Le transport des récoltes et des engrais, qui emploie la moitié du temps des attelages d'une ferme, demande plus ou moins de force suivant la perfection du système roulant des véhicules, et suivant l'aménagement de la charge et l'importance du poids mort. Dans les machines d'intérieur de ferme, il en est de même. Lorsqu'une batteuse exige 4 ou 6 chevaux-vapeurs, pendant son travail, il y en a, au moins, deux ou trois employés seulement à la faire marcher à vide. L'égrenage et le nettoyage proprement dits n'emploient qu'une fraction minime du travail moteur total. Nous pouvons en dire à peu près autant de toutes les machines employées à la préparation des produits végétaux pour la vente ou la consommation. Et cependant les jurés, le plus souvent, ne prennent pas en considération la force motrice dépensée. Il est impossible que l'on continue à agir ainsi dans nos concours ; car il n'y aurait aucune excuse, les dynamomètres d'un emploi commode et sûr ne faisant pas défaut aujourd'hui.

Un dynamomètre est un instrument destiné à mesurer la force qu'exige l'exécution d'un ouvrage industriel ou agricole : la *traction* exercée par l'attelage d'une charrue, d'un scarificateur, d'une herse... etc., la *pression* de la main motrice sur la manivelle d'un hache-paille, ou d'un coupe-racines ; la *tension* du brin conducteur de la courroie transmettant la force d'un moteur à vapeur à une batteuse, à un hache-paille ou tout autre instrument.

Il y a donc des dynamomètres de traction ou de *translation* et des dynamomètres de *rotation*. Nous allons nous occuper des premiers ; et cette étude servira d'introduction à l'examen que nous voulons faire des divers appareils agricoles dits d'extérieur et employés surtout dans les *travaux des champs*.

Dynamomètres de traction (1). — Lorsque l'on veut mesurer la traction opérée par un attelage sur un instrument en *translation*, comme une charrue, ou un véhicule, le dynamomètre employé doit être, pour ainsi dire, un anneau de la chaîne de traction ; et cet anneau, placé le plus près possible de la résis-

(1) Pour le chapitre Dynamomètres, se reporter aux pl. I, II et III, et aux 7 figures dans le texte qui portent les n°s 14, 24, 25, 26, 27, 29 et 30, l'auteur ayant donné un numéro d'ordre unique pour toutes les figures de ce chapitre.

tance, est *soumis* à la tension que l'on veut connaître. Cet anneau dynamométrique est *extensible* ou compressible : c'est un ressort, dont le degré d'extension ou de compression indique la grandeur même de la traction ; car ce ressort a pu être gradué à l'avance à l'aide de poids de 10, 20, 30 kilogr. Et, par suite, toute force qui, appliquée à ce ressort, lui donne la même flexion qu'un poids de n kil., est évidemment une force de n kilogrammes.

Le ressort qui est la partie essentielle d'un dynamomètre peut affecter des formes diverses; il peut en outre être simple, double ou multiple. Le plus simple des dynamomètres affecterait la forme du peson ordinaire du commerce. Le ressort est en forme de V : abandonné à lui-même, il est à son maximum d'ouverture et alors l'index de la branche A (fig. 1), est vis-à-vis du zéro de l'arc gradué. Si l'anneau B est suspendu à une barre fixe C et qu'en D, on attache la matière à peser, la branche A descend, l'autre branche E restant immobile, le V se forme et le chiffre 50, où l'index affleure, indique que la matière suspendue en D pèse 50 kilog., puisqu'un poids de 50 kilog., suspendu en D fait fléchir le ressort d'une même quantité.

A l'extrémité du cercle gradué, en U, est un talon d'arrêt qui empêche la fermeture du ressort avant que la limite d'élasticité ne soit atteinte. Il est clair que si le point B est attaché à une charrue et que l'attelage tire sur le crochet D, la traction exercée pourra être lue sur l'arc, gradué préalablement à l'aide de poids. D'autres pesons ont un ressort en *hélice*, dit en *boudin*, renfermé dans un petit tube. Un piston à frottement doux A (fig. 2) supporte une extrémité du ressort ; l'autre bout s'appuie sur le sommet du tube. La tige du piston traverse la base supérieure et porte un anneau ou une poignée B que l'on tient à la main ou que l'on accroche à une cheville invariable. Lorsque l'on suspend au crochet C des poids de 1, 2, 3 kilog., le tube descend de plus en plus, de sorte que l'index du tube en M vient successivement en face des n°s 1, 2, 3, marqués par des traits sur la tige du piston. L'index peut être une pointe N fixée au piston et traversant une fente ménagée dans le cylindre, qui porte extérieurement la *graduation*. Cette seconde forme de peson est le type élémentaire d'un deuxième genre de dynamomètre de traction : le crochet C étant fixé à la charrue, l'attelage tirerait sur l'anneau B.

La troisième forme de lame est une espèce d'anneau en forme d'ellipse ou de courbe fermée un peu moins simple. La traction + T et la réaction — T, qui l'équilibre à l'autre extrémité, tendent à allonger cet anneau ; ce qui fait rapprocher les milieux A et B (fig. 3). C'est ce rapprochement que l'on utilise pour graduer le ressort. Soit un poids P suspendu à l'une des extrémités de cet anneau, le point A se rapproche de B et pousse la petite branche O C d'un levier multiplicateur tournant autour d'un axe fixe *o*. Si la grande branche O D a une longueur vingt fois plus grande que le petit bras de levier réel de O C, il suffira que le point A se rapproche de B d'un demi-millimètre pour que la pointe D de l'aiguille parcoure sur le cadran un arc de 10 millimètres.

En suspendant des poids de 10, 20, 30 kilog., à l'une des extrémités, tandis que l'autre N est solidement fixée, on marque sur le cercle les points où l'aiguille s'arrête, et l'on a alors un instrument gradué capable d'indiquer les tractions en kilog., lorsqu'il sera attaché en N à la charrue et en M au palonnier de l'attelage. Ce genre de dynamomètre, fort employé sous diverses formes, a été imaginé par Régnier, dont il porte le nom ; fabriqué par un grand nombre de constructeurs, il est très-répandu. Nous donnons plusieurs modèles de ce dynamomètre dans les fig. 3 à 10 inclusivement.

Si la traction exercée sur les dynamomètres que nous venons de décrire était absolument constante, l'aiguille resterait constamment au même point du cercle gradué, et il suffirait de lire le chiffre correspondant à ce point pour avoir

l'expression de la grandeur de la traction: mais malheureusement il n'en est pas ainsi. La traction des chevaux et des bœufs est une suite de secousses plus ou moins brusques qui ont lieu chaque fois que les muscles des jambes se contractent pour faire avancer l'animal; l'aiguille du dynamomètre est donc soumise, de ce seul fait, à des oscillations continuelles périodiques; en outre, la résistance de la charrue soumise au dynamomètre est variable aussi et d'une façon absolument irrégulière.

L'aiguille indicatrice OD, des dynamomètres Régnier, est donc constamment en mouvement, qu'elle soit actionnée directement, comme dans la figure précédente, par la petite bielle AC, ou par l'intermédiaire de la grande branche du levier, qui (fig. 4) pousse une aiguille indépendante et l'abandonne à l'écartement maximum, dès que la traction diminue. Il est donc à peu près impossible de déterminer, avec un peu de précision, la moyenne traction indiquée par l'aiguille oscillant pendant la marche.

On voit seulement que cette aiguille reste pendant la marche normale entre un certain maximum fréquent et un moyen minimum, que l'on peut déterminer en faisant pendant la marche même des marques, en blanc ou en rouge, sur le cadran. La traction moyenne est alors, si ces minima et maxima fréquents ont été bien déterminés, les 6/10 de leur somme, d'après nos observations. Nous donnons (fig. 4) le croquis d'une disposition assez commune du dynamomètre Régnier. Une large plaque en cuivre jaune MN, portant deux arcs concentriques gradués, est fixée à l'aide de vis d'une manière invariable à l'une des branches P du ressort. Un levier coudé EDF, ayant son centre de rotation en D, se meut dès qu'une pression agit directement sur le ressort suivant la flèche S; le taquet G, adhérent à la branche Q du ressort, pousse la branche F dont le bras de levier U est très-petit par rapport au centre de rotation D; alors la grande branche DE décrit un assez grand arc et entraîne l'aiguille R qui frotte énergiquement sur le cadran. Cette aiguille reste en place au maximum d'écartement qui lui a été imprimé par le maximum de pression exercée en G. On peut lire alors la pression sur le petit arc gradué à cet effet.

Si on attache l'extrémité H, par une chaîne, à une charrue et que le bout I soit entraîné par l'attelage moteur, les points H et I s'écarteront par l'effet de la traction; et alors G se rapprochera de D et le levier FDE entraînera l'aiguille sur un arc d'autant plus long que la traction sera plus grande; celle-ci se lira sur le grand arc B, gradué à cet effet.

Pour tarer ou graduer ce dynamomètre, on fixe verticalement la plaque MN dans un étau, de façon que le point G soit en dessus; on y suspend des poids de 1, 2, 3 kilog., et l'on fait un trait sur l'arc A avec une pointe d'acier aux points successifs où s'arrête la première pointe de l'aiguille. Puis on suspend le dynamomètre par le point H à une cheville, ou une barre inébranlable; on attache en I des poids de 10, 20, 30 kilogr., et l'on marque par des traits sur l'arc B les points où s'arrête la grande pointe de l'aiguille.

Les fig. 5, 6, 7 et 8 représentent à l'échelle une autre forme de dynamomètre Régnier ressemblant beaucoup au précédent. Les figures représentent la disposition adoptée par M. Slight, ing.-agric. à Edinburgh. A l'intérieur du ressort *aa* est placée une boîte circulaire en cuivre *bb*, fixée à l'un des côtés du ressort et au milieu par une simple vis *c*. Le milieu de la branche opposée de ce ressort porte un petit axe *d* auquel s'articule la petite bielle *e*; celle-ci, à son autre extrémité, est articulée avec un cadran denté *f* dont les dents engrènent avec celles d'un pignon calé sur l'axe de l'aiguille indicatrice. Cette aiguille indique de 0 à 10 quintaux anglais de $50^{k},78$ chacun, et des quarts de quintal. Nous avons figuré, d'après l'inventeur même (fig. 8), un des anneaux ouverts servant à attacher le dynamomètre à la charrue d'un bout et à la chaîne d'attelage, de l'autre.

La fig. 5 est une élévation de côté du cadran; au-dessous est la vue d'arrière (fig. 6), après l'enlèvement d'un couvercle ou fond circulaire maintenu par les trois vis *m*, *m*, *m*. On distingue parfaitement la bielle *c* qui, pour la moindre traction, fait tourner le secteur d'engrenage *f* et entraîne l'aiguille sur le cadran. La troisième figure est une coupe au travers de la boîte et du ressort. L'aiguille et son cadran (fig. 7) sont protégés par une vitre circulaire. Cet instrument avec ses deux crochets (fig. 8) est livré dans une boîte au prix de 94f,50. On a cherché à améliorer les dynamomètres Régnier en rendant plus difficiles les oscillations de la branche OD (fig. 3); c'est-à-dire en lui faisant opérer dans les maxima un travail de frottement qui limite un peu la course que la secousse brusque de la traction aurait pu lui donner; le recul dans les *minima* est limité de même par la résistance que doit vaincre l'aiguille. Nous donnons (fig. 9 et 10) le dessin, d'après *Morton*, d'un dynamomètre de ce genre à piston batteur ou retardateur. S est le ressort dynamométrique; les extrémités DD sont attachées par des crochets, l'une à l'instrument dont on veut déterminer la résistance et l'autre à la chaîne de l'attelage. Dès que celui-ci marche, le ressort se ferme jusqu'à ce que la traction soit suffisante pour entraîner l'appareil essayé, la charrue par exemple. Presque toujours il y a, pour cette mise en train, un maximum exceptionnel; et dès que la charrue est en marche, la traction indiquée est moindre, mais reste entre des *maxima* et des *minima* fréquents que l'on a cherché à limiter par les additions suivantes. Le bâti est composé de deux plaques parallèles AAB enserrant entre elles le ressort; ces plaques sont réunies l'une à l'autre par de petites entretoises cylindriques qui maintiennent leur écartement; elles sont fixées à l'une des branches du ressort en son milieu et portent de l'autre côté un arc gradué jusqu'à 11 quintaux anglais, ou 558k,58, ou 88 stones de 6k,3475 chacune. Une pièce transversale F, fixée par un bout au côté extérieur du ressort en U, transmet la flexion de compression de U à E. Cette pièce F glisse sur l'autre branche du ressort fixée au bâti, allant et venant continuellement suivant les variations de la traction; et une aiguille indicatrice P, tournant autour d'un axe fixé sur le châssis, parcourt les degrés de l'arc gradué. La pièce transversale F est réunie à cette aiguille en un point de son prolongement situé un peu au delà du centre de rotation G; de sorte que de très-légères oscillations de l'extrémité de la pièce F forcent la pointe de la flèche à parcourir de grands arcs sur le cercle gradué. Un rapprochement de 6mm,35 des deux lames entraîne un déplacement égal de l'extrémité de F et de la petite branche du levier-aiguille; et la pointe de celle-ci parcourt plusieurs pouces sur l'arc gradué. On rend ainsi visibles, sur le cercle gradué, les plus petits rapprochements des lames du ressort.

L'aiguille indicatrice est donc, comme dans les modèles précédents, dans une continuelle agitation. MM. Cottam et Hallen ont essayé de modérer convenablement l'étendue des oscillations de l'aiguille de la manière suivante. L'aiguille est prolongée au delà de son point d'articulation avec la pièce F et, à son extrémité E, elle est attachée à la tige du piston mobile dans le petit cylindre C rempli d'huile. Ce piston est percé de façon qu'il puisse traverser l'huile dans laquelle il est placé, sans la comprimer; mais il ne peut traverser ainsi l'huile sans éprouver une certaine résistance qui dépend du nombre et du diamètre des trous du piston : le piston marche donc plus lentement et limite les oscillations de l'aiguille. Celle-ci n'indique plus les très-légères variations de traction auxquelles le ressort est soumis. On a ainsi un dynamomètre plus utile, plus lisible, mais moins précis.

Tous les palliatifs ayant pour but de restreindre les oscillations de l'aiguille auraient les mêmes inconvénients. Il n'y a que deux solutions acceptables du problème : 1° recueillir les traces des variations de la traction par l'enregistre-

ment des grandeurs de flexion du ressort, ou 2° totaliser le travail de flexion pour déterminer le travail moteur correspondant de la traction.

La première solution a été essayée par un constructeur autrichien, dans un élégant petit dynamomètre Régnier exposé en 1855 à Paris. L'aiguille, entraînée dans les oscillations des branches flexibles du ressort, est large et percée d'une fente longitudinale dans laquelle glisse un petit chariot attiré par un petit mouvement d'horlogerie qui fait office de treuil pour haler le crayon porté sur un petit chariot. Ainsi pendant que la traction fait décrire à l'aiguille et au crayon des arcs de cercle concentriques, le mouvement d'horlogerie fait décrire à ce même crayon des portions de rayons proportionnelles aux temps écoulés. La courbe tracée par le crayon a pour *abscisses* des droites rayonnantes proportionnelles aux temps écoulés et pour ordonnées des *arcs de cercle* dont les nombres de degrés sont proportionnels aux flexions du ressort et par suite aux tractions. A l'aide d'une équerre spéciale, dont une des branches est en arc de cercle, on peut assez rapidement déterminer l'ordonnée moyenne de la courbe tracée par le crayon mobile. Le principal défaut de ce petit dynamomètre c'est que chacune des expériences ne peut guère durer que deux minutes; en second lieu, la détermination de la moyenne ordonnée, donnant la traction moyenne, exige un temps assez long lorsque l'on veut une grande précision. Nous avons fait nombre d'essais avec ce petit dynamomètre qui peut rendre des services; mais il reste inférieur à nos dynamomètres français.

De tous les dynamomètres munis d'un ou plusieurs ressorts à boudins, le mieux disposé est certainement le dynamomètre de Clyburn datant d'une trentaine d'années. La fig. 11 montre l'instrument en fonction : l'extrémité *a* étant supposée attachée à la balance de l'attelage et l'autre *b* au régulateur d'une charrue, ou de tout autre appareil de culture, dont on veut mesurer la résistance à la translation. La tige *a* passe en *c* au travers de la boîte contenant l'appareil, et dans l'axe même du ressort héliçoïdal, et se termine par un piston *d* qui s'adapte sur l'extrémité d'arrière du ressort. La tringle *b* est simplement fixée au bout postérieur de la boîte qui est réuni à l'autre bout par les tringles *rr* vues en élévation, en plan et en coupe ; elles ont pour but de résister à la traction qui agit d'un sens et à la résistance qui agit en sens contraire; et en outre de limiter latéralement le déplacement des ressorts,

Il est évident qu'une traction tendant à séparer *a* et *b* comprime ces ressorts et comme *b* et *c* sont réunis par les tringles ou entretoises *r*, *r* et retenus par la résistance de la charrue, au mouvement, tandis que les chevaux tirent *a* et *d*, dans la direction du mouvement et que leurs efforts ont pour but de vaincre cette résistance, les deux ressorts sont comprimés simultanément : *d* est tiré vers *c* et éloigné de *b*.

La partie *d* transporte, fixée sur elle, une crémaillère *e* vue en plan (fig, 12), et en coupe (fig. 13), tandis que *f* (voir le plan), fixé au bout de la boîte, porte un axe sur lequel tourne un pignon; de sorte que suivant que *f* et *d* se rapprochent ou s'éloignent, la crémaillère conduit le pignon; et la compression du ressort est indiquée par l'arc dont la roue *w* a tourné. Mais *w* porte une chaîne qui est de même enroulée sur une plus petite roue à l'autre bout de la boîte; et à cette chaîme en *g* est fixé un index.

Comme la traction qui tend à comprimer les ressorts varie constamment, les petites oscillations dans la position de *d* sont, par l'effet de la crémaillère *e*, du pignon *f* et de la roue *w*, beaucoup amplifiées. et rendues visibles. Ainsi, bien qu'une différence d'un quintal (50 k., 78) dans la traction n'affecte la position de *d* que de $2^{mm},54$, ce léger déplacement entraîne l'index *g* à se mouvoir d'une quantité au moins décuple (d'après la proportion entre les diamètres

de la roue et du pignon). De sorte que les tractions sont représentées à l'échelle d'un demi-millimètre environ par kilogramme.

L'autre partie importante de l'appareil a pour but de recueillir la trace des rapides oscillations de l'index *g* soumis aux variations incessantes de la traction. Cet index porte un crayon, un pinceau ou une pointe (voir l'élévation, le plan et la coupe du dynamomètre de (Clyburn) qui laissent une trace sur un rouleau de papier.

Pendant que le crayon oscille ainsi dans la direction du tirage sans quitter cette ligne, le papier se déroule normalement à cette direction avec une vitesse en rapport constant avec le déplacement de l'attelage; de façon que le papier marche transversalement d'une quantité x, par mètre de parcours de la charrue, tandis que le crayon marche longitudinalement d'un millimètre pour deux kilog. de traction.

Il résulte de ce double mouvement absolu que le crayon a sur le papier un mouvement relatif qui a pour trajectoire une courbe à nombreux festons et telle que les abscisses x représentent les *chemins* parcourus par l'attelage et que les ordonnées représentent les *tractions*. Donc l'aire comprise entre cette courbe et l'axe des abscisses représente le travail mécanique de l'attelage.

Voici comment le mouvement est donné au papier :

P, *P'*, dans les fig. 11, 12 et 13 désignent un châssis rectangulaire suspendu à la boîte de l'instrument, et pouvant être allongé ou raccourci; les tubes parrallèles qui le composent sont en deux parties glissant l'une dans l'autre à la façon des tubes de lunettes ; la traverse inférieure de ce châssis porte une paire de roues E E' vues en plan et en élévation. Par des roues d'engrenages coniques O le roulement des roues porteuses, sur le sol, communique un mouvement de rotation à une seconde paire de roues coniques *m*, *l* (fig. 13). La roue *l* est placée sur l'arbre d'une vis sans fin; et l'axe de rotation de cet arbre est précisément l'axe de charnière du châssis portant les roues porteuses; de sorte que quelles que soient les inégalités du sol, la rotation des roues porteuses E E' se traduit par la rotation de la vis sans fin de l'arbre *P P'*. Or cette vis sans fin conduit la roue dentée *k* calée sur l'arbre du cylindre inférieur qu'entoure le papier; ce dernier est donc continuellement attiré du rouleau supérieur *h h'* dont le déroulement est rendu un peu dur par le ressort S (fig. 13) qui agit comme un frein pour conserver la tension du papier.

Ainsi dès que l'attelage marche et fait fléchir le ressort et osciller l'index ou crayon, le papier se déroule par la transmission des roues porteuses au rouleau *i i* par l'intermédiaire des deux paires de roues d'angle et la paire de roues hélicoïdales. L'index ou crayon trace donc sur le papier une courbe dont les *abscisses* sont proportionnelles aux chemins parcourus par l'attelage et les *ordonnées*, aux *tractions* qu'il exerce à chaque instant.

Pour remettre du papier en place de celui qu'ont rempli les essais, on enlève les rouleaux en soulevant les arrêts *q q'* et en faisant glisser ces rouleaux *h h'* et *i i'* plus loin vers *b* dans leurs paliers respectifs. Alors on peut les enlever ensemble. On règle la hauteur et l'inclinaison du dynamomètre en allongeant plus ou moins le châssis suspendu avec ses roues porteuses à la boîte même de ce dynamomètre qui est très-recommandable.

Le dynamomètre de Bentall (fig. 14) est muni aussi d'un ressort à boudin. Le crochet A du régulateur de la charrue à essayer s'accroche, en B, à la tringle B qui, par ses deux disques ou pistons C C, comprime deux ressorts à boudins indépendants. La roue principale K d'un avant-train, spécial pour les charrues versant à droite, porte sur son axe une petite poulie *f* qui, par une courroie croisée H, donne le mouvement à la poulie G placée sur le même arbre que le plateau F. Ce plateau en tournant entraîne par frottement la roue normale E, à

la condition que cette roue ne soit pas exactement au centre du plateau F ; ce qui n'arrive que pour une traction nulle. Dès que l'attelage tire sur le ressort, celui-ci fléchit et la roue E vient en avant en s'éloignant du centre de F, d'autant plus que la traction est plus forte. Donc la roue E tournera, pour une même vitesse des chevaux, d'autant plus vite que la traction sera plus forte. Or sur l'axe de cette roue E est une vis sans fin N qui conduit la roue O dont l'arbre est normal à celui de E. La roue O est calée sur l'axe du tambour L qu'elle entraîne dans son mouvement. Ainsi plus est forte la traction, plus le tambour L tourne vite.

Sur ce tambour on a enroulé un papier sur lequel repose un crayon M, placé à l'extrémité d'un levier dont l'axe forme l'écrou d'une partie *filetée* de l'arbre

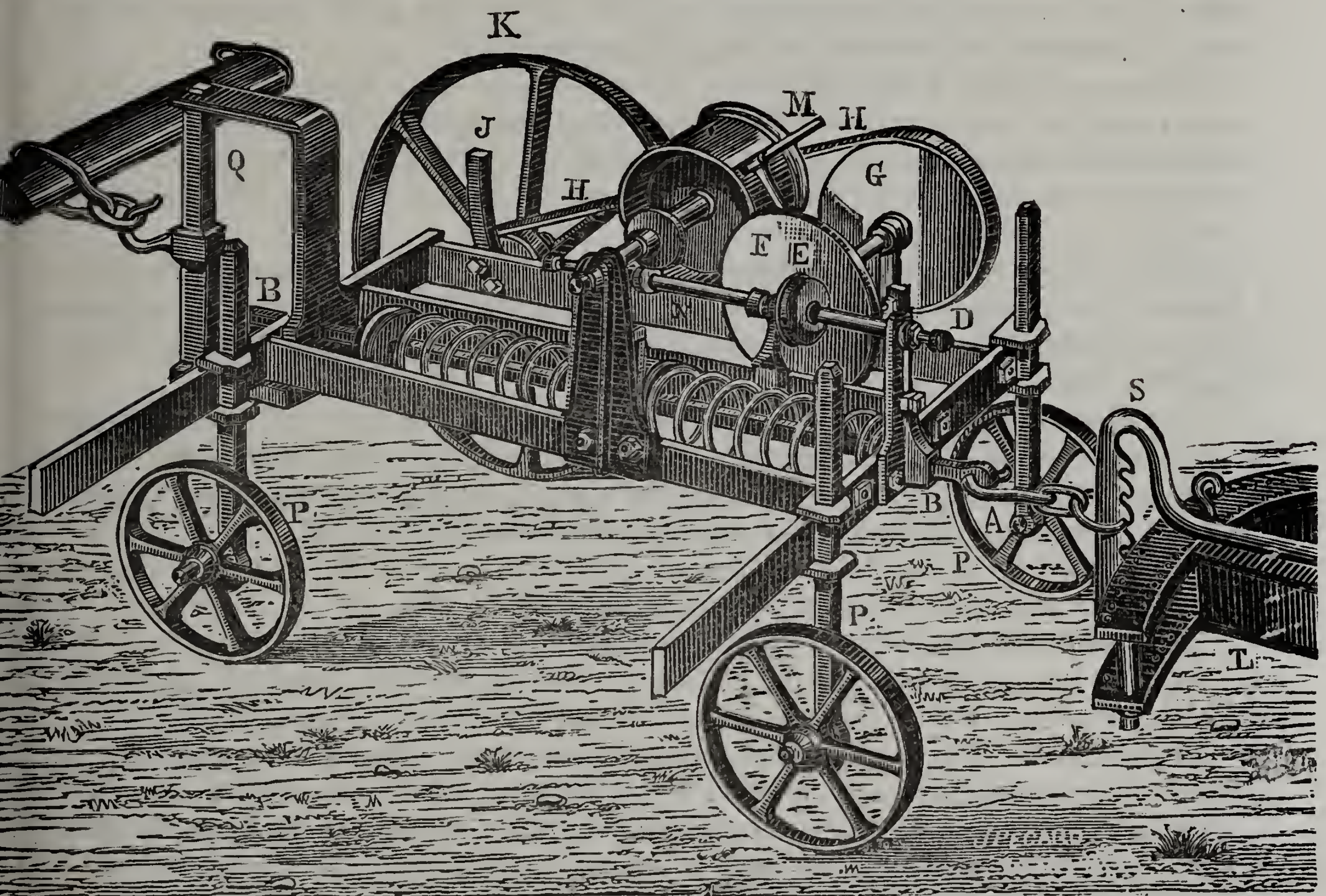


Fig. 14. — Dynamomètre de traction de M. Bentall.

de la poulie G. Donc, lorsque l'attelage marche, la roue K qui roule sur le sol entraîne la poulie G ; et l'axe de celle-ci fait parcourir au crayon M une ligne droite sur le papier du cylindre L ; mais comme celui-ci tourne d'autant plus vite que la traction est plus forte, le crayon trace une courbe dont les abscisses parrallèles aux génératrices du cylindre l, sont proportoinnelles aux *chemins* parcourus par l'attelage ; et les ordonnées, perpendiculaires aux génératrices, sont proportionnelles aux tractions.

Ainsi, la courbe obtenue sur le papier marque bien tout ce qui est nécessaire pour déterminer le travail moteur ; si la traction est nulle, le crayon trace une génératrice du cylindre qui est l'axe des abscisses : dès que la traction agit, le crayon continue à faire sa ligne parrallèle à l'axe ; mais, comme le papier tourne toujours dans le même sens, lorsque le crayon aura décrit une génératrice entière, ce qui correspond à un certain chemin fait par la charrue, il y aura passé nombre d'arcs de cercle représentant les accroissements de traction. C'est

donc un dynamomètre totalisateur : tant qu'il y a de la traction, les travaux moteurs s'ajoutent l'un à l'autre sous forme de rectangles ayant pour bases les avancements longitudinaux du crayon et pour hauteur les arcs parcourus perpendiculairement aux génératrices du cylindre.

Quand le crayon M a parcouru toute la longueur du cylindre M, l'expérience est forcément terminée; et on doit ramener ce crayon à sa place primitive à l'aide d'une petite manivelle.

On voit que les roues P P P peuvent s'élever plus ou moins et s'écarter aussi à volonté. La roue N ne peut que s'élever, son moyeu glissant à coulisse sur l'arc J dont le centre est celui de la poulie G.

Le chariot Bentall est très-commode pour l'essai de charrues versant à droite, mais celui de Clyburn est préférable pour la plupart des instruments attelés. MM. Gamst et Lund avaient exposé en 1855 à Paris un petit dynamomètre qui avait avec celui de Clyburn une grande ressemblance.

Cette année MM. J. et F. Howard, si connus pour leurs charrues, herses, etc., ont exposé un beau dynamomètre à ressort à boudin. Il est fixé sur un age dont on peut faire varier à volonté l'inclinaison, et une roue traînant sur le sol donne le mouvement au papier récepteur des traces du crayon qui suit les flexions du ressort.

Enfin, dans l'exposition suédoise, un dynamomètre ayant un ressort du genre Régnier avait une transmission analogue à celle de Clyburn. Il a été récompensé d'une médaille d'argent quoique beaucoup moins méritant que celui exposé par MM. Howard.

L'emploi de lames droites pour ressorts dynamométriques est évidemment ce qu'il y a de plus simple. Bien qu'une seule lame puisse suffire, on en emploie de préférence une, deux ou trois paires. On a ainsi, pour des forces plus ou moins considérables, une flexion convenable à volonté (fig. 20 et 21).

Le calcul et l'exécution de ces ressorts, en lames droites, sont évidemment plus faciles que ceux de lames elliptiques ou héliçoïdales

La lame droite peut être d'une largeur et d'une épaisseur uniformes (fig. 20).

Dans ce cas, la théorie de la résistance d'un prisme à la flexion, confirmée par l'expérience, donne les indications suivantes :

La flexion est directement proportionnelle : 1° à l'effort F que supporte la lame; 2° au cube du bras de levier l de cet effort F. Elle est en raison inverse : 1° de la largeur a de la lame mesurée perpendiculairement au plan de flexion ; 2° du cube de l'épaisseur b de cette lame à l'encastrement; 3° du cœfficient E d'élasticité de la matière composant la lame.

L'expérience, comme nous l'avons dit, a confirmé la théorie; mais seulement pour des flexions ne dépassant pas une certaine limite dite d'élasticité ; car celle-ci n'est pas parfaite, comme le suppose la théorie, en admettant que la lame fléchie revient exactement à sa première position dès que la force fléchissante F cesse d'agir.

Ainsi, pour des ressorts en lames parrallélipipédiques ou d'épaisseur uniforme, on peut calculer la grandeur de la flexion f par l'équation suivante :

$$f = 4 \frac{F. l^3}{E a b^3} \qquad (1)$$

Si au lieu de conserver l'épaisseur uniforme, on la diminue, à partir du point d'encastrement (fig. 16), de façon que la résistance de la lame soit la même en tous ses points, la flexion sera exactement le double de celle que donnerait l'équation ci-dessus.

Le cœfficient d'élasticité E, qui entre dans cette formule, est une donnée d'expérience qui, malheureusement, varie beaucoup avec la nature de l'acier employé. Pour l'acier fondu, il est égal au nombre 3 multiplié par 10 à la dixième puissance. Pour l'acier ordinaire, il est égal à 21 multiplié par 10 à la neuvième puissance. Ces chiffres peuvent servir pour obtenir la flexion très-approximativement.

Les lames de dynamomètres sont trempées, puis recuites à l'huile flambante, assez longtemps pour que le recuit pénètre dans toute l'épaisseur; elles ne doivent pas être trop larges par rapport à leur épaisseur, sinon elles pourraient se *voiler* ou *gauchir* pendant la trempe. D'après M. A. Morin les *flexions* des lames restent proportionnelles aux efforts tant qu'elles ne dépassent pas un dixième de leur longueur pour les plus fortes, et un neuvième pour les plus faibles. Cette observation permet, avec l'équation (1), de calculer l'épaisseur et la largeur à donner à une lame pour qu'elle fléchisse d'une quantité donnée pour un effort connu : on peut ainsi faire des lames plus ou moins sensibles, suivant l'importance des phénomènes à étudier.

Si l'on veut avoir une flexion double, il faut diminuer l'épaisseur de la lame de façon qu'en tous les points de sa longueur la résistance soit la même qu'à l'encastrement, ce que l'on appelle des lames d'égale résistance.

Soit (fig. 15 et 16) y, l'épaisseur en un point quelconque de la longueur d'une lame d'égale résistance, encastrée en M et d'une largeur constante a : la théorie de la résistance des matériaux à la flexion prouve qu'en ce cas, la résistance des molécules de la section au point considéré, pour équilibrer l'effort fléchisseur F, doit être directement proportionnelle à la largeur a et au carré de son épaisseur y et en raison inverse du bras de levier x de l'effort F. Cette résistance, devant être la même pour un point quelconque, est égale à la résistance au point d'encastrement où l'épaisseur est b : on a donc

$$k.\frac{ab^2}{l} = k.\frac{a.y^2}{x} \qquad (2)$$

d'où l'on tire, après réduction :

$$y^2 = \frac{b^2}{l}x \qquad (3)$$

Cette équation est celle d'une parabole, dont le paramètre $\frac{b^2}{l}$ est une donnée du problème.

On peut donc déterminer la forme du dos courbe de la lame en donnant à x dans l'équation (3) des valeurs numériques successives comprises entre 0 et l. Soit, par exemple, un effort maximum de 125 kiog. pour une lame droite encastrée à une de ses extrémités. Si elle est en acier ordinaire, l'équation (1) nous donne :

$$f = 8.\frac{125 \times l^3}{21.000.000.000\ a.b^3} \qquad (4)$$

Si l'on admet que la largeur a de la lame ne doit pas dépasser 5 fois l'épaisseur b et que l soit égale à dix fois la flexion maximum f, on aura, après réduction : $3240,55.\ b^2 = l$... (5).

Si l'on admet pour l'épaisseur b à l'encastrement 10 millimètres, ou $0^m,01$ on aura : $l = 3240,55 \times 0^m,0001 = 0^m,324$. D'après les conditions admises,

a serait égal à 5 fois b ou à $0^m,005$, et la flexion maximum pour l'effort le plus grand 125 kil. serait de $0^m,0324$ le dixième de la longueur.

Pour b égal à 5 millimètres seulement, l serait quatre fois plus petit ou égal à $0^m,081$; a serait égal à $0^m,25$ et la flexion à $0^m,0081$ seulement. Ainsi, l'on peut à priori calculer très-approximativement les dimensions des lames droites élastiques donnant une flexion convenable pour un effort maximum connu. On peut donc faire des dynamomètres aussi précis que cela peut être désirable.

Si l'on admet que la largeur a de la lame ne doit pas être supérieure à 5 fois l'épaisseur maximum b et que l doit être d'au moins *dix* fois la flexion maximum f, on aura, pour $l = 0^m,25$:

$$0,1\ l = 8 . \frac{125 \times \overline{0,25}^3}{21\ 000\ 000\ 000 \times 5\,b \times b^3}$$

d'où $b = 0^m,0088$ et $a = 0^m,044$.

Pour des valeurs de x égales successivement à 0,05 ; 0,10 ; 0,15 et 0,20 ; on aura :

$$y^2 = \frac{0,0088^2}{0,25} \times (0,05,\ 0,10,\ 0,15 \text{ ou } 0,20)$$

et par suite

$$y = 3^{mm},93 ;\ 5^{mm},57 ;\ 6^{mm},81 \text{ et } 7^{mm},87.$$

Comme une partie de l'extrémité des lames doit être enroulée pour former un œil ou une douille servant à les accoupler, il faut (fig. 17) tenir compte de cette longueur. Remarquons que la théorie suppose que le bout des lames d'égale résistance a une épaisseur nulle. On est évidemment forcé de conserver en ce point une certaine épaisseur et même un prolongement qui sert à enrouler la lame en forme d'œil pour y appliquer l'effort à mesurer, ou les étriers d'accouplement avec d'autres lames.

Ainsi dans la fig. 17 montrant une lame pratique, la longueur l de l'équation n'est pas la véritable longueur forgée de la lame : c'est la longueur de la lame théorique indiquée en ligne ponctuée, à partir de la fin de l'encastrement.

Si l'on adopte une lame symétrique, ou à deux bouts fléchisseurs, c'est en réalité deux lames simples, ou à un bout, encastrées et disposées symétriquement. Leur ensemble peut donc être soumis à un effort double.

On peut accoupler deux lames à deux bouts : la première encastrée par son milieu est réunie, de chaque bout, par un étrier, à la seconde sur laquelle l'effort agit par une pièce encastrante placée au milieu (fig. 19). Cette paire de lames à deux bouts peut évidemment être soumise à un effort quadruple de celui indiqué par le calcul pour une lame simple à un seul bout fléchisseur, et la flexion est le double de ce que donne l'équation (1) pour une lame simple à un seul bout fléchissant.

La partie centrale de la lame double encastrée ne compte pas dans la longueur fléchissante et on lui donne ordinairement une sur-épaisseur (fig. 18), que l'on peut faire telle que dans la même griffe d'encastrement on puisse placer des lames de flexions diverses ou d'épaisseurs actives plus ou moins fortes jusqu'à l'épaisseur réelle d'encastrement.

Lorsque les lames ne sont soumises à aucun effort les griffes dans lesquelles elles sont encastrées ont leur plus grand rapprochement : elles se touchent alors sur toute leur largeur ou mieux par deux goujons vissés dans l'une d'elles, ce qui permet de régler ou vérifier de temps à autre ce *contact* indiquant l'absence d'effort (fig. 18 et 19).

C'est Poncelet qui a imaginé d'employer des ressorts en forme de lames droites réunies par leurs extrémités à l'aide de petites entretoises articulées, (fig. 20 et 21). Si, par exemple, l'anneau à griffe d'encastrement G est attaché à la charrue, et que l'attelage tire sur l'anneau T de la griffe qui enserre ou encastre la seconde lame, il est clair que la lame B C s'écartera de l'autre lame D E qui elle-même fléchira en même temps que B C.

Si donc en G, partie fixe du dynamomètre, on attache une règle graduée, on pourra lire sur cette règle la quantité de flexion, proportionnelle, comme on l'a vu, aux efforts exercés en T.

On graduera cette règle en suspendant des poids de 20, 30, 40 kilog. en T pendant que l'anneau ou griffe G A serait solidement soutenu.

Le principal avantage de ce système de lames droites est leur simplicité de forme qui facilite singulièrement leur exécution.

Chaque moitié de ces lames accouplées pendant le tirage agit pour résister comme un solide encastré à une de ses extrémités. Cela est visible pour chaque moitié G D et G E, et il en est de même pour la moitié M C, car M fait partie de l'attelage relativement fixe pendant que C est soumis à la résistance de la charrue en expérience, par l'intermédiaire de l'entretoise E C.

En accouplant ainsi deux lames, la flexion totale mesurée à l'écartement de leurs milieux S, T est double de ce qu'elle serait pour une seule lame.

En effet, soit P l'effort exercé sur la boîte encastrante T, tandisque l'autre boîte est fixe. Cette force P se partage en deux portions égales appliquées en A et A'. Si donc f est la flexion par kilogr. de chacune des lames A et B, on aura, pour la flexion en B et B', $f \times \frac{P}{2}$: mais, le point A devenant alors pour la lame A A' un point fixe, la flexion a lieu en T et elle est égale à $f \times \frac{P}{2}$, soit en tout fP car la seconde flexion doit être comptée à partir de la droite A A' du côté de P.

Si l'on avait employé une seule lame, on aurait dû avoir pour chaque moitié un effort fléchissant égal à $\frac{1}{2}$ P et par suite, l'épaisseur à l'encastrement aurait dû être b' tel que l'on ait :

$$\frac{1}{2} P.l = \frac{R a b'^2.}{6}$$

Tandis que, pour chacune des deux lames accouplées, on a :

$$\frac{1}{4} P l = \frac{R a b^2}{6}$$

Si l'on conserve le rapport entre a et b, pour a' et b', on aura $b'^3 = 2 b^3$, d'où $b' = 1,25992,\ b$.

Et les flexions, f pour les lames accouplées et, f pour une seule lame auraient le rapport suivant $f.b = 2 f' b'$

$$\text{ou } f.b = 2,51984 f' b \quad \text{ou} \quad f = 2,51984 f'$$

Si, en adoptant une seule lame, on veut que la largeur soit la même que dans le cas des deux lames accouplées, on aura :

$$b' = 1,41426.\ b \quad \text{et par suite} \quad f = 5,6568 f',$$

Il y a donc avantage, au point de vue de la précision, à adopter deux lames accouplées au lieu d'une seule lame, quelle que soit l'hypothèse que l'on fasse sur le rapport entre les deux dimensions a et b de l'équarrissage des lames.

Lorsqu'on ne possède qu'un dynamomètre de traction pour essayer des instruments de forces différentes, des charrues de deux, quatre ou six chevaux, par exemple, on ne peut adopter une seule paire de lames capable de résister à six chevaux, car alors ces lames ne seraient pas suffisamment précises pour les plus petites charrues.

On peut, dans ce cas, disposer l'armature du dynamomètre pour recevoir des lames de forces différentes, ou bien adopter des dynamomètres à deux ou trois paires de lames pouvant à volonté être rendues solidaires, ou supporter seules la traction. Voici comment les lames sont solidarisées dans ce but (fig. 22).

Les lames A et C sont articulées l'une à l'autre, de chaque bout, à des entretoises E E, tandis que B et D sont solidarisées par les entretoises F F. La première lame D étant attachée à la charrue et la dernière A recevant l'effort T de l'attelage, les deux lames A et C fléchiront dans le sens de T et les deux autres B et D dans le sens contraire, et la traction totale T se partagera ainsi entre les deux paires de lames.

Comme les entretoises E sont de longueur invariable, les deux lames A et C doivent fléchir chacune d'une même quantité, quelles que soient d'ailleurs leurs épaisseurs respectives; et il en est de même des lames B et D. C'est-à-dire que si les lames C et D de la dernière paire sont plus fortes c'est-à-dire plus épaisses, pour la même longueur, que la paire antérieure A et B, il faudra, lorsque les deux paires de lames auront été solidarisées comme dans la fig. 24, que les fortes lames se chargent de plus de traction que les petites; d'une manière plus précise, si l'une des paires de lames est deux fois plus forte ou fléchit deux fois moins pour le même effort lorsqu'elle travaille seule; il faudra, lorsqu'elle travaillera accouplée *avec l'autre* paire de lames, qu'elle prenne à son compte une traction double de celle qu'elle laisse à l'autre paire.

D'une manière générale, soit f la flexion par kilogramme des lames A et B et f' celle des lames C et D. En désignant par P et Q les portions de la traction totale T que prendraient à leur charge les paires de lames A B, faible, et C D, forte,

on aura : $\frac{1}{2} f P = \frac{1}{2} f' . Q$ (6) et $P + Q = T$ (7)

Eliminant P entre ces deux équations, il vient

$$Q = T . \frac{f}{f + f'} \qquad (8)$$

et si, au contraire, on élimine Q, on a : $P = T \frac{f}{f+f'}$.

Or, chaque lame fléchissant de $^1/_2 f$ ou de $^1/_2 f'$ par kilogr., si l'on soumet la lame A à la traction P, sa flexion propre sera $^1/_2 f \left(T + \frac{f'}{f+f'} \right)$ ou $^1/_2 T \frac{ff'}{f+f'}$ (9)

De même, si la lame C supporte la traction Q sa flexion propre sera :

$$^1/_2 f' \left(T + \frac{f}{f'+f} \right) \text{ ou } ^1/_2 T \frac{f.f'}{f+f'} \qquad (10)$$

Et la somme des flexions des lames A et C, due à la somme des tractions P et Q, ou à la traction totale T, sera :

$\frac{1}{2}$ T $\times 2 \frac{ff'}{f+f'}$ ou T. $\frac{f.f'}{f+f'}$ et par conséquent la flexion par kilog. de l'ensemble des deux lames A et C, solidarisées, sera de $\frac{f.f'}{f+f'}$.

Si, par exemple, les lames A B fléchissent d'un dixième de millimètre par kilogramme et les lames C et D d'un cinquième, on aura pour la flexion par mètre de leur ensemble $\frac{0,00010 \times 0,0002}{0,0001 + 0,0002}$ ou 0,0000666, soit les deux tiers de la flexion des fortes lames, ou le tiers de la flexion des faibles lames.

Mais quand un dynamomètre doit servir tantôt avec une, tantôt avec deux paires de lames solidarisées, son mécanisme d'inscription reste le même; de sorte que l'on a le plus grand intérêt à ce que la flexion totale d'une seule paire de lames soit la même que celle des deux paires de lames solidarisées : l'écartement maximum du crayon étant le même dans chacun des trois cas, l'une ou l'autre des deux paires de lames agissant seule, ou les deux paires étant solidarisées.

On peut donc poser comme une condition désirable, sinon indispensable

$$f.P = f'Q = f''(P+Q)$$

f étant la flexion par mètre de la paire de lames A B, f' celle de l'autre paire et f'' celle de l'ensemble des quatre lames.

Les formules données précédemment permettent de déterminer les épaisseurs de paires de lames de mêmes largeurs et longueurs fléchissant de quantités données pour des efforts maxima particuliers. Si l'on veut, par exemple, que les lames A B les plus faibles aient pour maximum d'effort 205 kilog. ; que les lames C D résistent à 343 kilog., et qu'ensemble elle puissent supporter 548 kilog., il faut pour qu'il y ait une même flexion totale en chaque cas que les lames A B et C D aient des épaisseurs différentes b et b' et l'on aura (1).

$$\text{Flexion totale} = 8. \frac{205 \times l^3}{E a b^3} = 8 \frac{343. l^3}{E a b'^3}, \text{d'où } \frac{205}{b^3} = \frac{343}{b'^3} \text{ ou } \frac{b'^3}{b^3} = \frac{343}{205} (11)$$

C'est-à-dire que les épaisseurs b et b' des lames doivent être en raison directe des racines cubiques des efforts maxima qu'elles doivent supporter.

On arriverait à la même conclusion pour le cas de trois paires de lames solidarisées. Pour éviter que les lames ne soient forcées dans des coups de collier, on boulonne sur la griffe fixe M (fig. 23) une espèce de double fourche, l'une en dessous et l'autre en dessus des lames ; en N et P ces deux fourches sont réunies par deux petites colonnes verticales ou entretoises contre lesquelles la lame antérieure s'appuie avant que sa flexion dépasse le dixième, ou au plus, le neuvième de sa longueur. Parfois même des vis U et S, traversant ces colonnes, permettent de régler l'arrêt avec plus de précision.

Ainsi dans cette disposition de dynamomètres, par paires de lames droites, on obtient une flexion proportionnelle à l'effort exercé. Il ne s'agit plus que de recueillir les variations de cette flexion d'une manière permanente.

Pour cela, jusqu'à nous et d'après les indications de Poncelet, on se servait d'une bande de papier enroulée sur un cylindre et se déroulant pour s'emmagasiner sur un autre cylindre, tandis qu'un crayon fixé sur le ressort antérieur traçait sur ce papier une courbe continue, dont les ordonnées sont proportionnelles aux tractions et les abscisses proportionnelles aux chemins parcourus par l'attelage exerçant la traction.

Les mécanismes employés pour donner au papier le mouvement de déroulement et d'enroulement varient beaucoup. Le moteur peut être une roulette

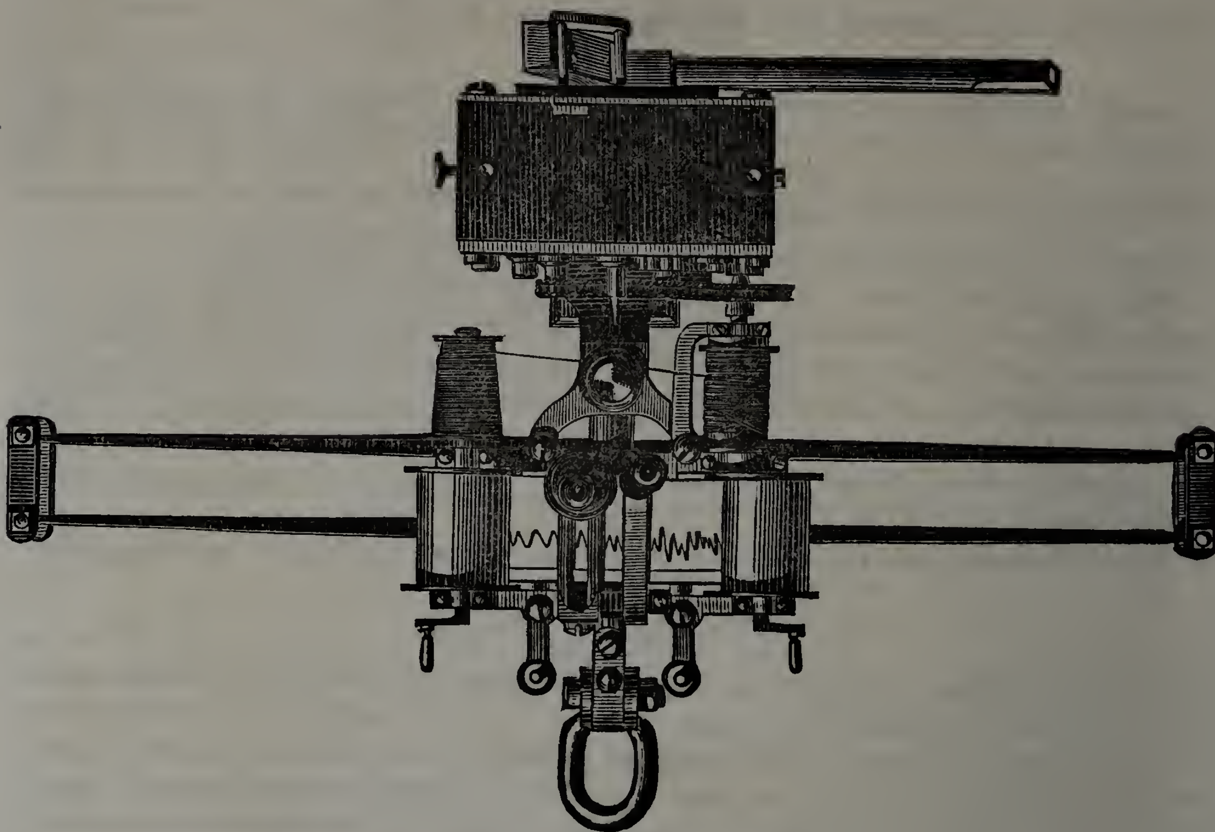


Fig. 24. -- Plan d'un dynamomètre à papier de M. A. Clair.

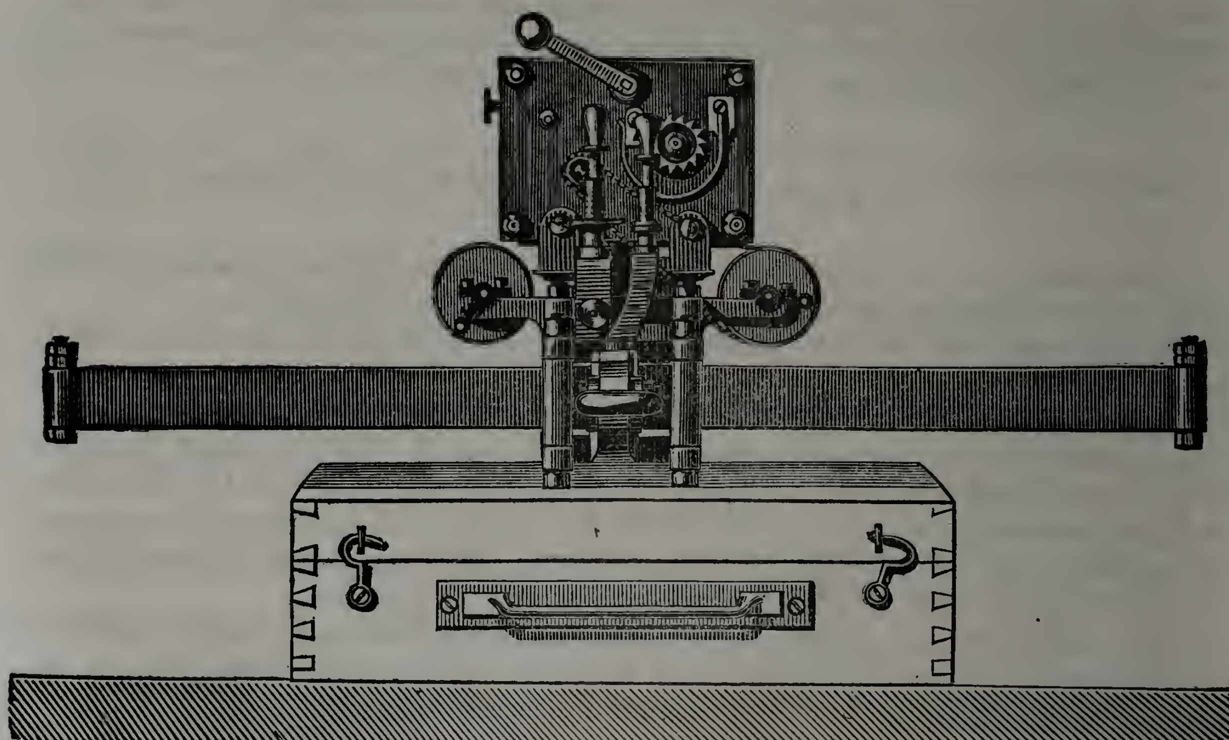


Fig. 25. — Élévation d'un dynamomètre à papier de M. A. Clair.

traînant sur le sol et communiquant son mouvement de rotation au papier à l'aide de roues d'engrenages ou de poulies à chaînes : on peut aussi donner le mouvement au papier par un moteur chronométrique, en ayant soin de faire marcher l'attelage avec une vitesse constante.

Nous donnons (fig. 24 et 25) le plan et l'élévation d'un dynamomètre Clair avec lequel nous avons fait de nombreux essais. La disposition du mécanisme est très-bonne (1).

A et B sont les deux lames d'acier dont l'écartement mesure les efforts de traction.

C'est un porte-crayon pouvant glisser dans une coulisse solidaire de l'armature fixe de la lame B.

D est le porte-crayon qui, par la tringle-guide E, est solidaire de l'armature de la lame A. Lorsque la traction est nulle, la pointe du crayon fixe C est sur une même ligne droite, normale à la traction, avec la pointe du crayon mobile D. Si l'on fait dérouler le papier, sans effort de traction sur la lame A, les deux crayons tracent ensemble une ligne qui est l'axe des abscisses. Dès que l'attelage se meut, la lame A fléchit en entraînant le crayon D qui décrit une courbe F sur le papier qui se déroule.

Le moteur chronométrique ayant été remonté, on lâche, au moment où commence réellement l'essai, le débrayage H ; alors l'arbre des ailettes G tourne d'un mouvement uniforme ; le pignon I calé sur cet arbre entraîne, par une chaîne Galle, la roue dentée J calée sur l'arbre du cylindre en cuivre K. A celui-ci est attaché le bout d'un fil enroulé sur la fusée conique L présentant des sillons en spirale pour recevoir le fil de transmission. Ce fil en se déroulant de L, pour s'enrouler sur K, fait tourner le rouleau M sur lequel on peut emmagasiner huit mètres de papier. L'un des bouts de ce rouleau de papier a été collé sur le cylindre M ; de sorte que lorsque la fusée L tourne, le papier, d'abord enroulé tout entier sur N, vient s'emmagasiner sur le rouleau M et reçoit entre les deux rouleaux M, N, la trace du crayon C, traçant une ligne droite qui est l'axe des abscisses, et celle de D, traçant la courbe dynamométrique.

A l'origine du déroulement du papier, M, a un plus petit diamètre que N, mais il croît constamment et bientôt c'est N qui a le plus petit diamètre ; c'est pour éviter cet accroissement de vitesse de déroulement du papier que le diamètre de la spirale L va en augmentant constamment, tandis que le cylindre moteur K reste avec un diamètre constant. On peut donc dire que le papier passe sous les crayons enregistreurs d'un mouvement uniforme, de sorte que si l'attelage marche uniformément, les abscisses de la courbe sont proportionnelles aux chemins parcourus par cet attelage. O est l'anneau auquel on fixe la chaîne allant à la charrue à essayer, P est le moteur chronométrique boulonné, avec la griffe Q, sur un chariot portant le dynamomètre et entraîné par la chaîne de l'attelage.

Ce dynamomètre, inventé et construit par M. Clair, satisfait à peu près à tous les desiderata. Nous voudrions pouvoir décrire ici les autres modèles dûs au même constructeur, dont l'exposition était fort belle et digne des plus hautes récompenses. M. Clair a depuis longtemps enrichi nos musées et nos écoles, et plus encore ceux de pays étrangers, de dynamomètres et de modèles de machines, destinés à servir à l'enseignement et aux expériences des savants. Ce n'est pas seulement un habile ingénieur-mécanicien, mais un homme très-instruit et au courant des diverses branches de la science.

MM. Courchaussé et Digeon font aussi de très-bons dynamomètres sur les mêmes principes.

Bien que l'emploi du papier enregistreur soit très-recommandable, nous avons cherché depuis longtemps à le remplacer par des plaques métalliques, en employant, au lieu de crayon, des pointes d'acier qui déchirent légèrement le métal poli et verni. Avec un acide convenable, on creuse les traits faits par les pointes et on obtient une gravure en creux dont on peut tirer autant

(1) Pour la légende, voir les fig. 24, 25, 26 et 27 de la pl. III.

d'exemplaires que l'on peut en désirer. Nous avons résolu le problème en 1864, et nous avons exposé en 1867 (pavillon de l'école de Grignon), un petit dynamomètre représenté par les fig. 26 et 27. dans le texte et dans la pl. (3).

Le dynamomètre proprement dit a été construit par M. Clair, avec un mécanisme d'enroulement de papier que nous avons remplacé par une plaque de cuivre comme nous le dirons plus loin. Le ressort est une lame droite d'égale résistance mise de *champ* et enroulée en spirale conique. Le gros bout de la lame repose par une seule arête normale à sa longueur sur le fond d'une enveloppe A, et la plus petite extrémité est pressée par la tête d'un boulon qui, à l'avant, se termine par le crochet B. De sorte que si la résistance de la charrue agit sur

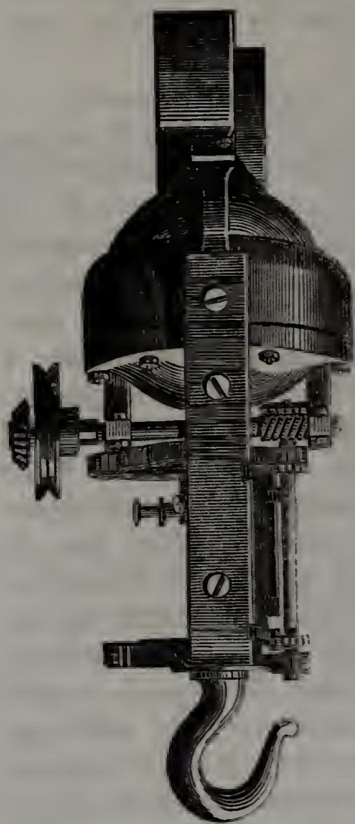


Fig. 26. — Élévation du dynamomètre-graveur de M. J. A. Grandvoinnet.

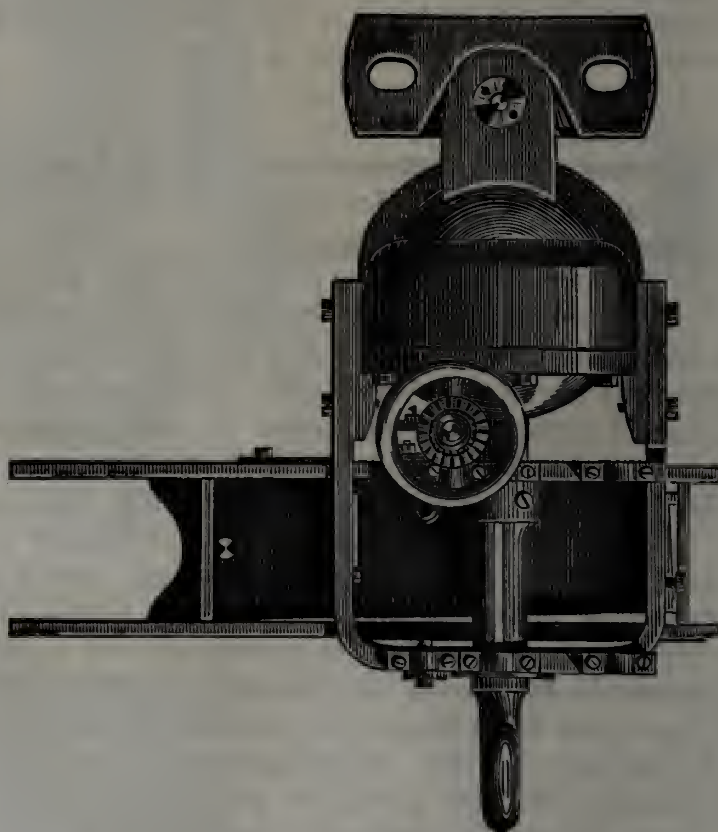


Fig. 27. — Plan du dynamomètre-graveur de M. J. A. Grandvoinnet.

le crochet B, le ressort se comprime, et d'autant plus que cette résistance ou la portion de traction qui l'équilibre est plus grande.

La pointe C, solidaire du boulon B, trace la courbe pendant que la plaque se meut d'un mouvement de translation uniforme. Ce mouvement est donné par un moteur chronométrique agissant par une poulie à cordon sur la poulie à gorge D, calée sur l'arbre de la vis sans fin E qui conduit une roue dentée fixée à l'arbre G ; celui-ci porte deux pignons H H qui actionnent deux crémaillères solidaires d'un petit châssis à coulisse portant la plaque à graver.

Au lieu de commander la poulie D par un moteur chronométrique, on peut la faire mouvoir par un cordon sans fin passant sur des poulies de renvoi et entourant la gorge d'une poulie calée sur l'une des roues du chariot portant le dynamomètre.

On peut même employer un châssis analogue à celui du Clyburn décrit précédemment et dont la roue conique supérieure agirait sur le pignon d'angle I.

La disposition du ressort en spirale permet de faire un dynamomètre de petites dimensions quoique suffisamment fort.

Notre plus récent modèle de dynamomètre à plaque de cuivre ou de zinc a

été construit aussi par M. Clair, qui en exposait un second exemplaire dans sa vitrine. Les fig. 28, 29 et 30 le représentent en perspective, plan et coupe dans le texte et, plus en grand, dans la pl. III.

Les ressorts mesureurs sont des lames droites de largeur uniforme, à sections d'égale résistance ; la lame postérieure est saisie par une griffe pouvant osciller

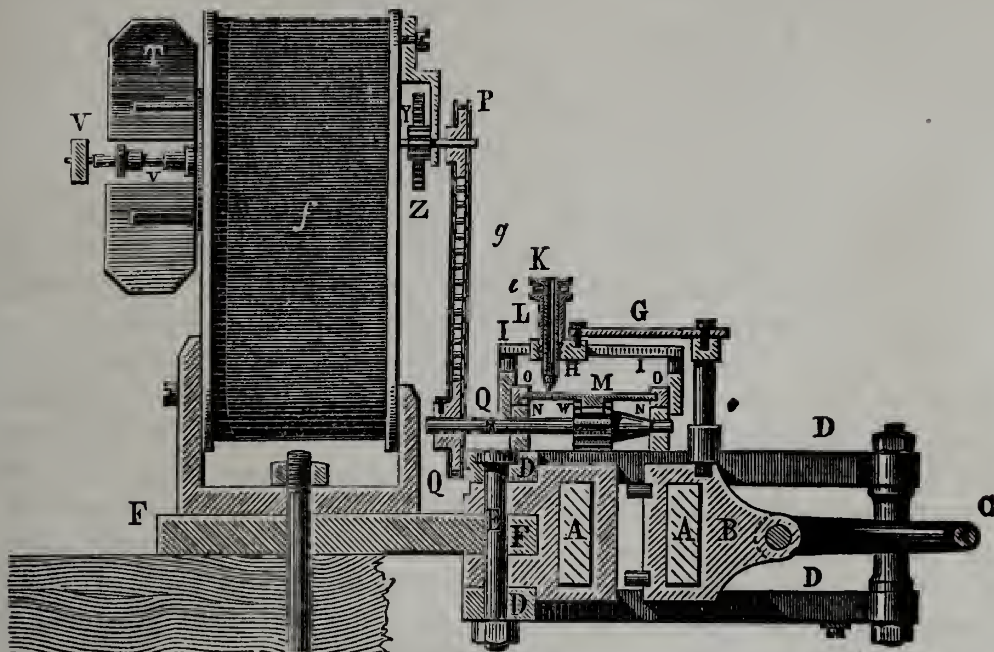


Fig. 29. — Coupe d'un dynamomètre-graveur construit par M. A. Clair.

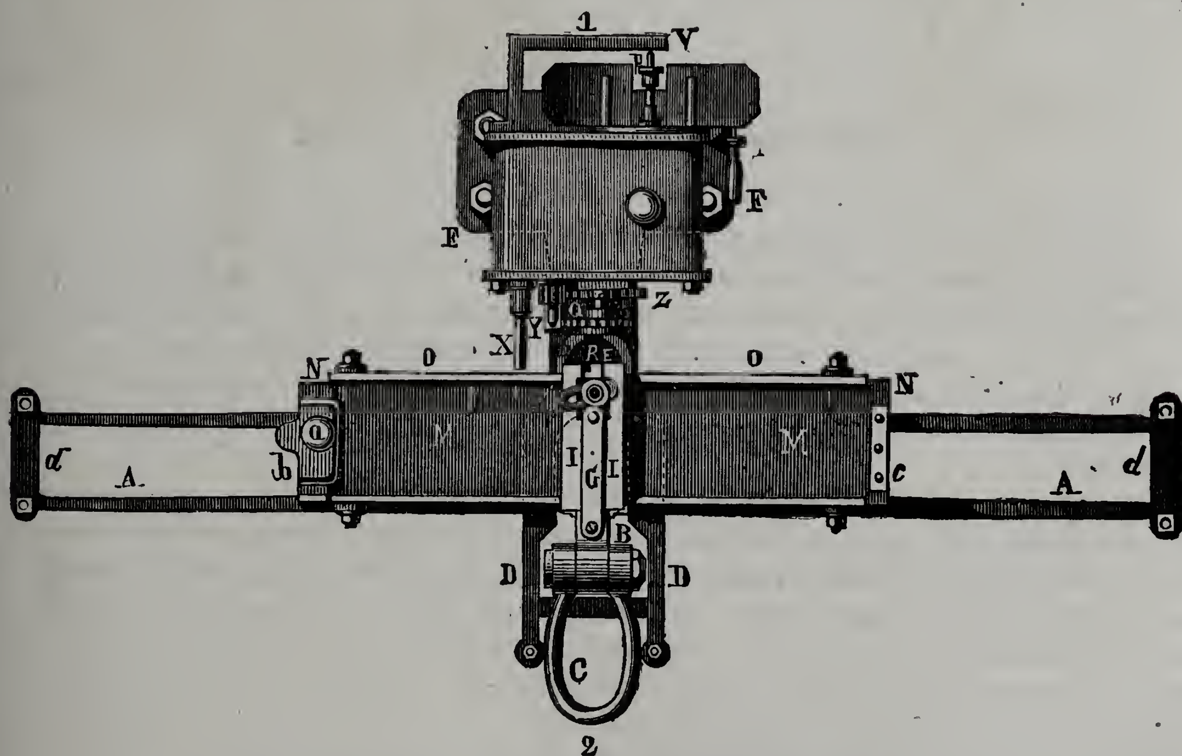


Fig. 30. — Plan d'un dynamomètre-graveur, construit par M. A. Clair.

autour du boulon E, traversant la plaque F qui permet de boulonner le dynamomètre sur un petit chariot, etc. La lame antérieure est encastrée dans la bride B qui porte le crochet d'attache C, articulé. Une petite colonne *c* se visse dans la griffe B et porte, à sa partie supérieure, la bielle G qui attire ou repousse le petit chariot à coulisse H portant la pointe de diamant qui grave la courbe sur la plaque de cuivre M. Cette pointe est solidaire de B, par l'intermédiaire

de G et *c*, et ne peut que décrire un mouvement rectiligne, grâce à la coulisse-guide percée dans la pièce I fixe.

L'axe du moteur chronométrique porte un pignon denté Y qui conduit la roue Z sur l'arbre de laquelle est fixée la poulie à crans P. Cette poulie, par la chaîne *g*, conduit la roue dentée Q, calée sur l'arbre R. Celui-ci porte un pignon S qui actionne une crémaillère W, vissée sur le dos du chariot à coulisse N *o* qui porte la plaque M sur laquelle la pointe de diamant grave la courbe.

Lorsque l'on relie l'anneau C, par une chaîne, à l'instrument à essayer et que l'on accroche le palonnier de l'attelage à l'avant du petit chariot qui porte le dynamomètre, voici ce qui arrive : La pièce B, et par suite la pointe à graver, solidaires de la lame antérieure, s'écartent de la lame postérieure en raison de la résistance de l'instrument essayé : la pointe oscille donc pendant que la plaque est animée d'un mouvement uniforme ; elle trace alors une courbe dont les abscisses sont proportionnelles au chemin décrit par l'attelage et les ordonnées, aux efforts de traction qu'il exerce à chaque instant. La plaque M, retenue par une pince *b* que serre une vis *a*, peut-être enlevée et remplacée très-facilement. A l'origine de l'essai, avant que la traction ne s'exerce, on fait mouvoir le chariot débrayé, afin de tracer l'axe des abscisses par la pointe qui reste fixe.

C'est le meilleur dynamomètre pour les essais publics, puisqu'il permet de garder la plaque-minute de chaque essai et de donner aux concurrents et au public un *exemplaire* de la courbe. L'ingénieur chargé des essais est ainsi à l'abri de toute récrimination. En outre, le calcul du travail moteur dépensé ou de la traction moyenne peut se faire avec plus de certitude. On peut le faire faire par plusieurs personnes, en tirer dix exemplaires sur du papier d'épaisseur régulière et déterminer l'aire représentant le travail par la pesée de ces dix exemplaires découpés.

DES CHARRUES (Pl. IV, fig. 1 à 20).

La charrue fut certainement le premier instrument attelé employé à la préparation des terres pour l'ensemencement. Aussi son origine se perd-elle dans la nuit des temps. Elle s'est transformée quelque peu, mais très-lentement, jusqu'aux temps modernes, et ce n'est qu'à la fin du dernier siècle et au commencement du dix-neuvième que les cultivateurs et les savants se sont préoccupés de la forme de ses principales pièces et surtout du versoir, la pièce la plus moderne.

De nos jours, l'attention de la plupart des agriculteurs et des agronomes ne se porte plus guère sur la charrue. Cet instrument leur semble peut-être arrivé à un tel degré de perfectionnement que toute théorie, toute étude sérieuse serait oiseuse; et, même, les plus gros livres traitant de cette matière se bornent à des généralités sans valeur, préférant ne rien dire à la douleur de citer les rares auteurs vivants, qui se sont préoccupés de la question toujours actuelle de la meilleure disposition de la charrue.

L'Exposition présentait à l'observateur compétent toutes les dispositions connues de charrues; depuis l'araire en bois des peuples primitifs, et l'araire antique un peu amélioré, exposé par les Indes néerlandaises, le Maroc, le Japon, etc., jusqu'aux charrues perfectionnées des grands constructeurs anglais, Howard, Ransomes, Hornsby, Ball, etc., aux araires américains si économiquement faits de MM. Alex. Spear et fils, J. Deer, etc., aux charrues si variées des fabricants français : de Meixmoron de Dombasle, Delahaye, Lemaire-Auger, Forêt-Colin, etc.

L'Exposition de 1878 était donc une rare occasion d'étudier la charrue et de déduire d'un examen consciencieux les tendances de l'avenir de cet instrument. Nous allons essayer de le faire.

Les perfectionnements d'une machine quelconque sont de trois ordres : ceux qui ont trait à la perfection du travail, ceux qui ont pour but la construction même de l'appareil, et ceux qui ont pour but la simplification du rôle du conducteur de l'instrument. Or, au fur et à mesure du perfectionnement des sociétés, l'agriculture s'améliore, ses procédés se multiplient, et le cultivateur exige de plus en plus de chacun des instruments composant son matériel d'exploitation.

Les procédés d'exécution se perfectionnant aussi, le constructeur peut satisfaire progressivement aux desiderata toujours plus nombreux de la culture. Enfin, le sort des ouvriers allant aussi en s'améliorant, on est entraîné à disposer la charrue au mieux des désirs du laboureur qui la conduit.

Ainsi, à l'origine, la charrue (fig. 1) est une espèce de pic dont le manche A repose sur le joug d'une paire de bœufs et dont la pointe, en bois durci, traîne dans le sol en le grattant superficiellement : cette pointe se prolonge à l'arrière en un manche B saisi par le laboureur qui doit lutter de force avec l'attelage pour obtenir un grattage régulier. Mais dès que le fer est connu, la pointe en bois est garnie d'une barre de fer et même d'un *fer de lance* qui est ainsi, en réalité, le premier *soc*.

L'emploi du fer permettant un grattage plus énergique que la pointe de bois, le labour devient plus profond; et, alors, l'idée d'une pièce soulevant et retournant la terre se fait jour; le *versoir* est inventé. C'est d'abord un prolongement de l'étançon en bois ou de la partie supérieure du pic; puis une cheville, puis une espèce de planche plus ou moins bien contournée.

L'avantage d'un bon retournement du sol étant bientôt de plus en plus apprécié, ainsi que le bon effet d'un labour profond, on arrive à l'emploi du *coutre* qui ne se montre qu'assez tard ; car son exécution exige que le travail du fer ait déjà atteint un certain degré de précision.

Le perfectionnement du labour, par l'augmentation facultative de la profondeur, nécessite un moyen de *règlement*. C'est, à l'origine, un ou plusieurs coins permettant de faire varier l'angle que fait le *sep*, portant le soc, avec l'*age* reposant sur le joug, cet age pouvant être aussi plus ou moins reculé ou avancé dans le but de faire varier l'entrure.

On est ainsi arrivé à l'araire complet présentant toutes les pièces nécessaires ou utiles : le *soc*, le *versoir*, le *coutre*, le *régulateur*, outre le *sep*, le *manche* et l'*age* qui datent de l'invention même de la charrue.

A ce degré d'avancement, il ne reste plus qu'à rechercher empiriquement, ou mieux, en appliquant les principes de la mécanique rationnelle et expérimentale, quelle doit être la meilleure forme ou disposition des diverses parties, telles que les pièces travaillantes : le soc, le coutre et le versoir; les pièces de traction et de règlement, de direction et de conduite, comme le *sep*, les *mancherons* et le *régulateur*.

C'est l'affaire d'expériences systématiques et d'applications judicieuses des principes de la mécanique. Nous avons traité cette partie de l'étude de la charrue d'une manière complète dans les cent pages de l'article charrue de l'*Encyclopédie de l'agriculteur*, paru il y a vingt ans. Les auteurs récents qui ont parlé des machines agricoles ont préféré ne rien dire de la *charrue*, que de citer notre travail. Nous aurons à refaire cette étude avec de nouveaux matériaux; mais telle qu'elle est, c'est un guide suffisant pour le constructeur dans tout ce qui a trait à la charrue destinée aux labours ordinaires.

Les perfectionnements du troisième ordre, ayant pour but l'amélioration du

rôle du conducteur, consistent surtout dans l'addition, à l'age, de supports, patins, roulettes ou roues qui donnent à la charrue une stabilité aussi grande qu'on peut le désirer. Il serait difficile d'indiquer, même approximativement, la date de l'emploi des roues ; mais il a été certainement un progrès, et cet emploi est toujours avantageux ; surtout quand les pièces travaillantes ont la meilleure forme possible et que les moyens de règlement sont précis, car alors l'augmentation de traction qu'entraîne l'emploi judicieux des roues est à peu près *insignifiante*.

Quoique des pays très-bien cultivés emploient exclusivement des charrues ne versant la terre que d'un seul côté de leur age, il y a des avantages considérables à l'adoption de charrues dites, à tort, tourne-oreilles, versant la terre alternativement à leur droite et à leur gauche. On peut ainsi faire le labour à plat qui a de nombreux avantages, surtout quand l'exploitation agricole, arrivée à un haut degré de perfectionnement comme dans certaines parties de la France, possède outre la charrue, la herse et le rouleau, le matériel agricole moderne complet de culture et de récolte : *scarificateurs*, *semoirs*, houes, faucheuses, moissonneuses, faneuses, râteaux, etc.

La France est surtout admirablement représentée dans la classe des charrues, pour labour à plat, dites : *doubles-brabants*. Ces charrues gagnent du terrain chaque année, et il y a longtemps que nous devancions cet engouement en les appelant les *charrues de l'avenir*. Un grand nombre de constructeurs français font ces charrues et la plupart ont des types nombreux et parfaitement exécutés.

Sans revenir sur notre ancien jugement, nous pouvons indiquer les quelques reproches que l'on peut faire aux doubles-brabants :

1° Ces charrues représentant chacune en réalité deux charrues symétriques accolées par leur age, sont coûteuses et lourdes. Il est vrai que, pour éviter ce dernier défaut, on les fait presque tout en fer et acier, ce qui, par contre, augmente leur prix. Si on adopte plus largement la fonte dans leur construction, comme l'a fait M. Denin avec beaucoup d'habileté, on augmente par trop le poids de cet instrument ;

2° Le centre de gravité de ces charrues étant à peu près à la hauteur de l'age, elles ont peu de stabilité sur les pentes fortes, et exigent alors l'emploi d'avant-trains particuliers ;

3° La charrue double-brabant arrivée au bout du champ doit opérer, sur place, un demi-tour complet, ce qui exige un certain travail de la part de l'attelage, une petite perte de temps et de la fatigue pour le conducteur.

Par conséquent, la recherche d'une charrue versant la terre alternativement à sa droite et à sa gauche, sans avoir les inconvénients du double-brabant, est un problème à poser ; et nous croyons assez au progrès continu pour être certain qu'il sera résolu complétement. Il y a au moins deux voies à suivre : la meilleure nous semble être celle de la *charrue dos à dos à age tournant* Depuis longtemps, nous remarquons périodiquement dans nos concours la présence de ce genre de charrues que nous étudions dans notre cours à Grignon. La plupart laissaient à désirer au point de vue de la forme des pièces travaillantes, des moyens de règlement, etc. ; mais le principe est connu, dans le domaine public, et il y a là matière à exercer l'imagination des constructeurs compétents, qui peuvent doter l'agriculture d'une charrue supérieure au *double-brabant*.

L'Exposition de 1878 nous a montré plusieurs modèles de ce genre de charrue dos à dos dans la section agricole française; mais nous croyons devoir signaler surtout la petite charrue à age tournant de MM. Alex. Speer et fils, de Pittsburg (États-Unis). Elle est très-simple de construction, quoique suffisam-

ment bien disposée dans ses diverses pièces travaillantes et de direction. MM. Speer n'avaient exposé qu'un modèle pour labour superficiel ou moyen, dite charrue de coteaux, mais elle est d'un bon emploi et digne d'être recommandée. Avec armures d'acier (versoirs), age et mancherons en fer, elle pèse 75 et 130 kilog., pour un cheval ou pour deux chevaux et coûte 61f,25 et 100 francs environ. La maison Speer a bien voulu faire cadeau à l'École nationale de Grignon d'une de ces belles charrues que nous soumettrons prochainement à des essais dynamométriques. On voit (fig. 2 et 3) que, lorsque la charrue est arrivée en A, au bout du champ, il suffit de pousser la poignée B qui dégage le sous-age du verrou ou étrier C qui le maintenait ; l'age peut alors tourner librement autour de l'axe vertical D sans entraîner le corps de charrue ; les chevaux, sans fatigue, tournent en entraînant l'age et placent alors la charrue dans la position de la figure 2 : on peut de suite marcher dans la direction de la flèche après avoir attiré la poignée pour arrêter, avec l'étrier C, le bord du sous-age. Nous avons depuis vingt-huit ans à Grignon, dans notre nombreuse collection de machines, une charrue dos à dos, à age tournant, plus forte que celle de MM. Speer et munie d'un *verrou* différent.

Ce genre de charrues pour labour à plat est parfois désigné comme destiné aux labours en pentes fortes ; charrues de coteaux, etc.

Après cet aperçu sur l'avenir des charrues n'ouvrant qu'une raie à la fois, nous devons signaler la rapidité avec laquelle se propagent, depuis quelques années, les charrues polysocs, ouvrant deux, trois ou quatre raies à la fois. Les bisocs et les trisocs ont été fortement recommandés à la fin du dernier siècle par lord Sommerville ; et nous avons poussé fortement dès 1854, et en dépit de critiques assez vives, à l'adoption de ce genre de charrues. Pourtant, ce n'est que depuis peu d'années que les bisocs et les trisocs sont réellement appréciés. Il a fallu, pour cela, que de bons constructeurs, tels que *de Meixmoron de Dombasle*, Meugniot, en France, et quelques autres ; Ransomes, Howard et Hornsby, en Angleterre ; Speer et Cie, aux États-Unis, s'occupassent de ce genre d'appareils. Aujourd'hui, c'est un véritable engouement ; mais nous avons le devoir de rappeler que M. François Bella, à Grignon jusqu'en 1867, construisait d'assez bons bisocs et les employait couramment.

Les avantages des charrues polysocs sont assez frappants pour ne pas exiger de longues explications. L'économie de laboureurs est évidente ; celle des chevaux est moins visible, car évidemment la résistance que présente la charrue pour l'ouverture d'une raie de section donnée est la même par une charrue bisoc que par une charrue simple, si les formes et la disposition des pièces travaillantes et de direction sont les mêmes. Toutefois, un attelage de quatre chevaux à un bisoc, fatigue moins que les deux attelages, de deux chevaux chacun, des deux charrues simples faisant le même travail : parce que la résistance à vaincre a relativement pour les chevaux plus d'uniformité dans les bisocs que dans les charrues monosocs, qui sont soumises de temps en temps à des résistances exceptionnelles que chaque cheval du petit attelage ressent plus vivement. Nos essais dynamométriques ont fait ressortir cet avantage. Cependant, il n'a pas l'importance que lui attribuait à la fin du dernier siècle lord Sommerville. Cet agronome pariait de faire autant de travail avec son bisoc attelé de trois chevaux que deux laboureurs avec des charrues simples attelées chacune de deux chevaux : il gagnait le pari ; mais, en tenant compte de toutes les circonstances diverses du travail, il est impossible d'admettre une économie d'attelage atteignant 25 %. Nous croyons à une économie d'attelage, peu importante comme *quantum*, mais très-notable aux points de vue du bien-être et de la durée des animaux attelés.

Les bisocs et trisocs étaient fort nombreux à l'Exposition de 1878. On ne saurait

trop admirer ceux de MM. Ransomes, Howard, et Hornsby, que quelques constructeurs français pourraient imiter, et simplifier peut-être; car leur prix est un peu élevé ; ce haut prix seul peut retarder un peu leur propagation en France.

Le besoin d'une culture rapidement exécutée est aussi une des raisons d'adopter les charrues polysocs, comme les scarificateurs-extirpateurs, mais pour une meilleure préparation du sol.

Charrues françaises. — Un très-grand nombre d'exposants ont présenté des charrues, et des types les plus divers. Il convient de signaler en premier lieu la fabrique de Nancy, qui a conservé le beau type Dombasle, tout en suivant les progrès de la construction. Ses bisocs sont très-recommandables et se propagent rapidement, surtout dans l'Est : le levier qui permet de déterrer rapidement la charrue au bout du champ, et facilite les tournées, a été une espèce de révolution dans la construction des bisocs. Les coutres sont fixés contre l'age par des étriers, dits américains, qui dispensent de percer l'age et par suite de l'affaiblir en un point où il a besoin d'une grande force. Une vis à poignée-manivelle permet de régler la position de la roue limitant la profondeur. Avec un peu de soin dans le règlement de cette roue et du point de tirage, on peut supprimer l'inconvénient que présentaient les anciens bisocs de ne pas toujours faire deux raies identiques. Le règlement de la position du point de tirage en largeur et hauteur se fait à l'aide de vis et a par suite la plus grande précision. Le grand bisoc marqué B. 1 (fig. 4) à trois vis, versoir en acier, avant-corps en fonte, pèse 247 kilog. et coûte 290 francs; si l'avant-corps est en fer fin, ce qui n'est nécessaire que pour les terres caillouteuses ou d'une résistance exceptionnelle, le prix s'accroît de 10 francs, tandis que le poids diminue d'une trentaine de kilog. Ce bisoc peut faire un labour de 15 à 20 centimètres de profondeur sur 55 à 60 de largeur, avec un attelage de 4 à 6 chevaux suivant les terres, soit par journée de travail environ 90 ares, ce qui donne un labour plus économique que celui fait par la vapeur; car en comptant les chevaux et le charretier à 4 francs par jour, et en admettant de forts chevaux donnant 2,000,000 de kilogrammètres par jour, dont un dixième perdu en tournées et à l'aller et retour, on ferait en moyenne un hectare un quart pour 20 à 30 francs; soit par hectare 16 à 24 francs en sols moyens et forts.

Le bisoc moyen B. 2, fait suivant le même système, pèse 174 kilog. et coûte 240 francs. Enfin, le petit bisoc ne pèse que 122 kilog. et coûte 175 francs.

Le monosoc est construit, comme le bisoc, avec trois vis pour le règlement et un levier de déterrage : il y a trois modèles, le grand, le moyen et le petit; le premier, pouvant atteindre 22 à 28 centimètres de profondeur sur 28 à 34 de large; le 2e, de 15 à 20 centimètres d'entrure sur 22 à 28 de largeur; le dernier n'entre qu'à 11 ou 15 centimètres et renverse une bande de 18 à 22 centimètres de largeur. Les poids sont de 167, 155 et 135 kilog., et les prix de 190, 175 et 160 francs.

La maison Meugniot, de Dijon, fait des charrues de divers modèles, très-recommandables et bien construites.

Nous pouvons citer ensuite les charrues Bodin, de Rennes; Garnier, de Redon; Tritschler, Durand, etc.

Les exposants de charrues dans la section anglaise ne sont pas nombreux ; mais ils ont une exposition de première importance.

MM. J. et F. Howard ont leurs divers modèles habituels pouvant satisfaire à toutes les demandes; en outre, des charrues du modèle américain, et une charrue dite universelle, parce qu'elle paraît destinée à satisfaire les cultivateurs de toutes les régions.

M. Louis Amphoux (France n° 3) a exposé une charrue à avant-train avec age

articulé (fig. 18). Lorsque l'on fait tourner la manivelle B de la vis A, l'écrou à tourillons, supporté par le petit bras D du levier D E F, s'élève ou s'abaisse en tournant autour de l'axe horizontal P à l'articulation de l'age : car l'extrémité C de la vis est fixe. On peut donc soulever ou abaisser, à volonté la partie antérieure E F de l'age, ce qui permet de régler, en marchant, la profondeur que l'on veut atteindre.

MM. Delahaye-Tailleur et Bajac ont exposé toute une série de doubles-brabants, houes et arracheurs que nous avons déjà eu l'occasion de signaler. Nous ne dirons que quelques mots de la nouvelle tête d'age de leurs brabants (fig. 19).

A, C, E est une tige plate verticale portant en avant le régulateur E de largeur auquel la traction T est appliquée. Cette tige a une articulation en B dans la tête de l'age, et en C une autre articulation de la tringle qui s'attache de l'autre bout au corps de charrue. Le haut A de la tige A G est pressé par un ressort A F fixé en F sur l'age. Lorsque la charrue fonctionne, la traction des chevaux T fait équilibre à la résistance R du sol contre le soc, le coutre, le versoir et le sep. Pour plus de simplicité, nous admettrons que T et R sont dans le prolongement l'une de l'autre et se font parfaitement équilibre.

Or la charrue est attachée par les points B et C au régulateur qui reçoit la traction ; donc en réalité celle-ci T est la résultante de deux tractions partielles agissant en B et en C ; alors la traction en C est très-grande et du même sens que T, tandis qu'en B, la traction doit être de sens contraire à T ; c'est donc un *refoulement* de l'age, qui se traduit par une pression plus faible en A pour refouler le ressort. Ainsi, dans cette disposition, une traction énorme ou du moins plus grande que celle des chevaux agit en D sur le corps de la charrue, tandis que l'age est refoulé : celui-ci n'est donc pas exposé à la fatigue des oscillations qui tendent à le rompre vers D, dans les cas ordinaires.

Plusieurs constructeurs français, ont exposé des charrues à age tournant. Entre autres, le n° 395 du catalogue (?). Cette charrue est de construction quelque peu arriérée. L'age est en bois ainsi que les deux mancherons. On doit placer le coutre alternativement à droite et à gauche de cet age. La roue d'avant règle seule l'entrure en limitant la profondeur. Un simple levier portant crochet, en dessous de l'age, sert à arrêter l'étançon et à le fixer après rotation de l'age. Les oreilles des versoirs tournent comme il le faut autour d'un axe à peu près vertical ; mais l'ensemble de la charrue est lourd et de construction très-médiocre.

L'exposant français n° 102 (?) avait aussi une charrue dos à dos à age tournant. Les oreilles des versoirs ne tournent pas, ce qui est un défaut dans ce genre de charrue. Le mécanisme de fermeture est assez convenable (fig. 13).

A est le boulon ou axe de rotation du petit levier à branches égales B C. En B, s'articule une tringle double se terminant par une douille plate D qui glisse, sans le quitter, sur l'age plat G H à manche unique I. Lorsqu'on abaisse le levier J B C d'une seule pièce, suivant la flèche, la douille D se rapproche du corps de charrue et sa partie inférieure, en forme d'étrier, saisit le haut de l'étançon ; de même, la douille E se rapproche du corps de charrue en glissant sur l'age et vient saisir le haut du second étançon. Ainsi le sous-age qui porte les deux corps de charrue est solidaire de l'age par ses deux extrémités G et F. On peut alors labourer comme avec une charrue fixe. Dès que l'on est au bout du champ, on soulève le levier J, et alors les douilles D et E, comme l'indique la fig. 13, s'écartent et abandonnent les bouts G et F des corps de charrue ; l'age est libre alors de tourner autour de l'axe vertical K, jusqu'à ce que l'avant de l'age soit venu en I où était le mancheron. En laissant retomber le levier, on fixe de nouveau l'age et on laboure.

Le n° 236 du catalogue (France) est aussi une charrue à age tournant, médiocre et compliquée.

M. Moisant, à Buchy (Seine-Inférieure), a présenté une charrue double-brabant d'une belle construction : elle porte, à l'arrière, des corps de charrue, des pioches sous-soleuses.

M. Bocchi Gaetano a présenté (section italienne) une charrue à avant-train à age droit oblique à l'horizon. A l'arrière, un levier A permet au laboureur de tirer à soi plus ou moins le crochet B de la chaîne d'attache de l'avant-train, ce qui permet de modifier l'entrure de la charrue, même pendant la marche (fig. 14.)

MM. Mangili et Cie ont exposé des araires très-forts, munis d'assez beaux versoirs, mais ne présentant aucune innovation à signaler.

M. Defosse-Delambre, à Varennes (Somme), présentait de beaux doubles-brabants dont les versoirs retournent bien la terre sans la soulever trop. La tringle de traction qui porte à sa partie antérieure le régulateur de largeur, s'articule en haut de l'étançon antérieur (fig. 7 et 8). Les deux corps symétriques de charrues tournent par leurs étançons qui entourent l'age rond ; une vis d'arrêt A (fig. 9) règle l'inclinaison que l'on veut donner au plan de la muraille par rapport au plan vertical passant par l'axe de l'age.

M. Bourdin, à Paris, a exposé une fouilleuse-défricheuse ou déboiseuse d'une force énorme. Le soc très-étroit et très-fort est suivi d'un étançon ou gorge armée de dents comme pièces travaillantes. En arrière de cette gorge, qui limite un corps plat vertical, se trouvent fixés normalement à ce corps, et de chaque côté, trois étages de socs à crans, coupant la terre et la soulevant un peu (fig. 10).

Le règlement de la profondeur et de la largeur se fait de l'arrière à l'aide de deux manivelles. En faisant tourner, dans son palier fixe rotatif D, la vis M, on fait tourner l'age autour de l'axe horizontal A, de sorte que l'avant-train s'élève ou s'abaisse ; l'écrou C de la vis M est dans une coulisse en arc de cercle dont le centre est l'axe de rotation vertical E du support rotatif AE ; alors, en agissant sur une vis horizontale fixe N, qui a pour écrou une moitié de la charnière P, on fait aller et venir cet écrou et par suite on fait tourner l'age autour de l'axe vertical E, ce qui fait varier la largeur. A l'aide de ces deux vis, le conducteur est maître de cette énorme fouilleuse qu'il peut au besoin déterrer assez rapidement.

M. Boitel, à Soissons, a exposé un double-brabant dit à double age (fig. 11) ; cette disposition nous paraît avantageuse aux points de vue de la solidité et de la construction.

Le régulateur de largeur (fig. 12) est aussi disposé d'une façon particulière. La pièce B est à douille tournant avec un bout d'age rond A, reposant dans la pièce CD solidaire de l'age. Dans la position de la figure, la pièce B a une inclinaison réglée par la vis F pour verser à gauche ; arrivée au bout de la raie la charrue bascule et la pièce C vient prendre la position C′ ; alors c'est la vis E, symétrique de F, qui limite l'inclinaison de la pièce B qui se trouve alors en B′, position symétrique par rapport à la verticale A de la précédente : de sorte que l'on prend aussi bien la même largeur en versant à droite qu'en versant à gauche, si les vis E et F ont été réglées convenablement, M M sont les deux branches de la tringle de traction que l'on peut soulever ou abaisser le long de la pièce B. Les vis E et F pouvant être réglées séparément : on peut régler le point de traction en largeur inégalement à droite et à gauche pour tenir compte d'une pente, par exemple ; B est percé de trous pour régler, à l'aide d'une cheville, la hauteur de la tringle de traction.

M. Boquet (Constant), à St-Charles de Peuy (Calvados) a exposé une charrue à règlement tout particulier pour la profondeur (fig. 15). A l'arrière de l'age M est encastré un écrou carré qui reste ainsi fixe ; il est traversé par une vis B qui tourne dans un étrier fixé en dessous du sous-age N portant le corps de charrue, et s'appuie par sa pointe sur ce sous-age. Celui-ci est relié à l'avant avec l'age par deux tringles parrallèles telles que CD. Il résulte de cette disposition, qu'en tournant la poignée E de la vis on abaisse plus ou moins l'arrière de l'age, ce qui revient à soulever l'avant. La construction de cet instrument est assez médiocre.

M. Rousselet (?) a exposé un déchaumeur ou quadrisoc assez remarquable. Il est porté par une espèce de bâti de scarificateur ; les quatre corps de charrue peuvent se régler indépendamment l'un de l'autre par un mécanisme commode représenté figure 16. AB est une bride fixée contre l'age ou limon par un boulon axe. Cette bride se termine par deux saillies en équerre formant les paliers d'une vis tournante fixe C. L'écrou de cette vis est l'extrémité D de la bielle DE articulée au corps de charrue en E. Suivant le sens dans lequel on fait tourner la vis C, on soulève ou abaisse l'écrou D et par suite on change l'entrure du soc. L'étançon M peut en outre être plus ou moins élevé et maintenu à la hauteur voulue par une vis de pression P. L'arrière du bâti est porté par deux roues qu'un levier permet d'abaisser plus ou moins; à l'avant est un avant-train ordinaire.

M. Meugniot a exposé une charrue tourne-oreilles qui rappelle en quelques parties le *brabant-Wasse*. Le soc est assez plat et tourne autour d'un axe placé au-dessus du sep et dans la direction de ce dernier. On peut ainsi rabattre le soc pour couper à droite, puis à gauche. Sur l'axe B de ce soc un manchon à cran d'arrêt C (fig. 17) limite la rotation de l'un ou de l'autre côté. Il y a deux versoirs détachés : l'un fait pour verser à droite et l'autre pour retourner la bande à gauche. Celui qui ne fonctionne pas repose sur l'age; il s'accroche facilement dès qu'il est appelé à fonctionner à son tour. Le régulateur est à coulisse et par suite, à chaque bout de raie, il faut déplacer la cheville pour la largeur. Il n'y a pas de coutres, et l'avant de l'age repose sur une petite roue. C'est une médiocre tourne-oreilles.

M'. Normand-Gourdain, à Villers-aux-Flos (Pas-de-Calais) a présenté une charrue double-brabant d'une disposition quelque peu différente de celle des modèles ordinaires (fig. 5 et 6).

L'age AA (fig. 6) ne tourne pas dans sa sellette et il porte à l'avant un simple crochet. Les corps de charrue sont fixés sur un faux age B qui peut tourner autour de l'age fixe. Pour cela, un premier anneau C est soudé à B; un second placé sous l'appendice D solidaire de B se termine par une queue verticale filetée, avec écrou placé au-dessus de D; on peut ainsi abaisser ou élever le faux age B par rapport à l'age vrai A. Un troisième anneau C' se termine par une queue horizontale filetée qui passe dans la coulisse E du faux age B (fig. 5), de sorte qu'en serrant plus ou moins l'écrou à poignée G on rapproche ou on éloigne l'avant du faux age B de l'age vrai A. On a ainsi, à l'aide de deux écrous, le moyen de faire varier : 1° l'angle que fait, dans le plan vertical, l'age avec l'axe de symétrie des deux corps de charrue; 2° l'angle que fait en projection horizontale, le plan de la muraille avec l'age A.

MM. J. et F. Howard ont exposé un nouveau modèle de charrue pouvant être assez universellement adopté.

L'age est en avant supporté par deux grandes roues inégales. Une vis permet d'élever plus ou moins la plus petite roue qui doit rouler sur le sol non labouré. Le support des deux roues est disposé de façon à permettre d'incliner à volonté

le plan de la muraille par rapport au plan vertical passant par l'axe de l'age. Un verrou, que l'on peut décrocher à l'aide d'une tringle partant d'un levier situé entre les deux mancherons, sert à maintenir la charrue à l'inclinaison désirée. Le versoir est assez raide, ainsi que le soc, et il verse peu ; on a ainsi une charrue pouvant faire un labour motteux en élevant un peu la terre et la retournant suffisamment après ameublissement. MM. Howard ont exposé en outre divers modèles de charrues qui, depuis longtemps, les ont mis à la tête des constructeurs de ce genre d'instruments.

L'exposition belge, qui était si remarquable dans la plupart de ses parties, laissait à désirer au point de vue des machines agricoles. M. Van Maële, de Thielt, a exposé, entre autres, une charrue avec sept appareils différents, pour labourer, semer les fèves, exhausser la terre, etc. La construction est celle d'un habile forgeron de village. Le même exposant présentait un double-brabant muni d'un seul peleur ou rasette portant deux petits versoirs que l'on fait tourner pour que le renversement se fasse alternativement à droite ou à gauche du laboureur. Ce changement se fait de l'arrière à l'aide d'un levier spécial.

M. Nikelman a exposé une charrue à soc extrêmement allongé, suivi d'un versoir dont l'inclinaison est presque immédiatement de 30° sur l'horizon. En outre, il peut s'écarter plus ou moins de la muraille. Comme dans les autres charrues belges, il n'y a qu'un mancheron et le versoir renverse la terre à la gauche de l'age.

M. Cocq présente un appareil à étendre les bouses de vaches dans les pâturages ; il y a un petit râteau ou herse qui divise, puis un traîneau poussé contre terre par des ressorts et qui a pour but d'aplanir la matière à étendre après la division opérée par le râteau.

M. Rudzki à Varsovie a exposé une charrue tout en fer à versoir raide. Le manche gauche porte un appendice saillant pour lui servir de support losrqu'il traîne pendant les tournées. La roue qui supporte l'age du côté du terrain non labouré est petite et a beaucoup d'*équanture*, c'est-à-dire que l'ensemble de ses raies forme un cône très-accusé. Les deux roues s'élèvent isolément par vis comme dans les charrues anglaises ; il y a des crans pour assurer l'arrêt. Une seconde charrue plus forte, du même exposant, est à avant-train de deux roues inégales.

M. Melegose à Kharnoff, expose un polysoc. Le bâti est un parallélogramme en bois posé en équilibre sur deux roues ; il porte quatre corps de charrues simples sans coutre, sur chacun des deux limons. Une roue pivotante supporte, en avant, l'age qui n'est autre chose que la diagonale du parallélogramme. A l'arrière traîne une herse triangulaire à deux rangs de dents en bois.

Dans la section danoise, M. A. H. Hansen exposait une charrue dont la forme générale rappelle l'araire Small, avec un versoir un peu raide à sa partie antérieure seulement. Le contre est fixé sur l'age par un étrier américain reposant sur un support qui peut glisser à volonté sur l'age. Le versoir est du genre dit squelette en quatre bandes presque hélicoïdales. M. S. Pedersen exposait trois charrues du genre écossais avec étrier américain. M. Westergaard avait une charrue du même genre à versoir assez long.

La section suédoise présentait un grand nombre de belles charrues tout en fer et quelques-unes à age et mancherons en bois. Le type rappelle l'ancien araire Small ; mais les versoirs sont mieux faits, souvent plus longs, et les perfectionnements modernes de détail ont été adoptés.

MM. S. H. Lundh et Cie, à Christiania, ont exposé des charrues à age courbe

en bois, muni du régulateur à coulisse, très-précis; les versoirs sont longs et d'un beau modèle.

M. Eklund, (L. P) a exposé une charrue dont le soc est à souche, très-long et très-aigu. Elle est tout en fer et rappelle les charrues écossaises; cependant le versoir est plus long et amélioré dans sa courbure. Il y a un modèle à age simple, avec coutre ordinaire maintenu par un étrier américain simple. Un autre modèle a un age en trousse embrassant une coutrière à quatre vis de règlement pour faire incliner la lame du coutre vers la muraille à volonté. Le régulateur est à trous, pour la hauteur, et à crans, pour la largeur.

M. Ofverums Bruk a présenté des charrues en fer à age en trousse embrassant une coutrière qui peut tourner autour d'un axe horizontal et qu'un boulon de serrage, passant dans une coulisse de cette coutrière, maintient à l'inclinaison voulue; ce qui permet de régler l'inclinaison du tranchant du coutre par rapport à l'horizon. Le régulateur est comme celui de la charrue précédente. Les versoirs sont longs et bien faits, quoique parfois un peu convexes transversalement comme certains versoirs écossais. Nous avons à Grignon, à nous, une de ces charrues. Le même exposant avait aussi une charrue à cinq corps assez simple (fig. 20). Deux traverses A A′ et C C sont reliées entre elles par des barres parallèles A C, A′C′, etc. qui portent en B, B′, etc., l'étançon unique d'un corps de charrue. La figure A C C′A′ étant un parallélogramme, les barres A C, A′ C′, etc., restent parallèles entre elles quelle que soit la position de l'age ou plutôt son inclinaison par rapport aux traverses A A′ et C C′. Un arc M, sur lequel glisse l'age, porte des chiffres indiquant les largeurs qui correspondent aux diverses inclinaisons de l'age, qui pivote autour de l'axe vertical D. En D, E et F sont les étançons des trois corps de charrue intermédiaires.

Dans l'exposition canadienne, M. Craig, à Strathroy, a présenté un beau trisoc. L'age est remplacé par une espèce de châssis triangulaire en fonte à nervures. L'un des côtés du triangle est droit et reçoit les trois corps de charrue qui n'ont chacun qu'un étançon, maintenu par deux boulons. Le sommet antérieur du châssis triangulaire est muni d'une cheville ouvrière pour l'essieu d'un avant-train à deux grandes roues. A chaque bout, l'essieu est coudé de façon que la fusée soit parallèle au corps de l'essieu et placée à une certaine distance de celui-ci. Sur le corps de l'essieu est un levier, guidé par un arc denté de règlement; en agissant sur ce levier, on fait tourner l'essieu de façon que les fusées se rapprochent ou s'éloignent du châssis portant les corps de charrue. On règle ainsi la hauteur des seps par rapport au sol en limitant la profondeur du labour à volonté; à l'arrière une troisième roue est munie d'un levier du même genre. M. Craig fait le châssis tout en fonte, par économie, ou à volonté en fer.

Le Maroc ne présentait qu'un très petit nombre d'instruments agricoles. Nous avons remarqué en premier lieu un petit tarare ventilateur sans crible, divisant le produit de l'égrènage en bon grain, second grain et balles. En second lieu, nous pouvons citer l'araire en bois représenté assez exactement par notre dessin (fig. 17 *bis*). Un long sep en bois dur porte à l'avant un renflement formant une espèce de versoir, soulevant et jetant la terre du côté droit du laboureur. Le soc est en large fer de lance incliné du côté du versoir; il est à souche ou douille et s'enfile sur l'avant du sep. L'age a une gracieuse double courbure et traverse, en forme de tenon, le manche unique; il est retenu solidement par un coin B.

Préparation du sol à la vapeur. — Dès le commencement de ce siècle, quelques inventeurs proposèrent des charrues mues par la vapeur : les unes étaient des cylindres rotatifs armés de plusieurs corps de charrues, comme

celles de Usher, et placées derrière une locomotive; parfois, de simples rouleaux armés de couteaux parallèles à l'axe et pelant la terre en la remuant, comme l'appareil de M. Romaine; les autres étaient des charrues *dos à dos* traînées à l'aide de câbles par une locomobile; et actuellement ce sont des polysocs, du genre *tête à tête*, entraînées par un câble mû par une ou deux locomotives.

Nous ne sommes pas un adversaire du labourage à vapeur, loin de là : il est actuellement des situations agricoles spéciales qui peuvent exiger ce genre de culture; mais, quelque fois que nous ayons dans l'avenir de la culture à vapeur, il nous semble qu'il convient de modérer un peu l'arde r de quelques personnes qui, habituées à multiplier par le nombre de *fermes* ou d'habitants un petit avantage supposé, écrivent que la culture à vapeur se traduirait en France, « *par des centaines de millions de bénéfices annuels.* » Cela est certes très-beau, mais peu d'accord avec les faits. Nous allons donc un peu modérer ce beau feu. Les marchands de charrues à vapeur ne nous citerons pas, mais cela nous importe moins que la vérité.

Comme nous l'avons dit nombre de fois, une machine ne peut en remplacer une autre qu'à la condition de faire *un meilleur travail*, ou un travail égal à plus bas prix, ou en moins de temps. Avant de conseiller l'adoption de la culture à vapeur à nos compatriotes, nous les engageons à s'assurer que la vapeur fera ou un meilleur labour, ou un labour plus économique, ou terminé en moins de temps. Voyons, nous-même, ce qu'il en est : 1°. Les charrues à vapeur font-elles un meilleur labour que les charrues mues par des chevaux ou des bœufs? En ce qui a trait au découpage du sol en bandes et au retournement de celles-ci, la qualité du labour ne dépend que de la forme des pièces travaillantes, ou des outils, le coutre, le soc et le versoir, et non du *moteur*. Mais, à un autre point de vue, la vapeur a quelque avantage sur les chevaux ou les bœufs : ceux-ci, en effet, piétinent la terre, ce qui présente de grands inconvénients dans les sols humides ou argileux. Pour une charrue simple traînée par deux chevaux, il y a, par mètre carré, environ 9 traces de pas (quatre-vingt-dix mille par hectare). Un ingénieur a trouvé par mètre carré 75 traces de pas, c'est plus qu'il n'en faut pour couvrir le mètre carré : en réalité, un cinquième du sous-sol se trouve piétiné, sans compter les pas du laboureur; et, dans chaque pas, l'eau du sol humide peut séjourner et nuire à la végétation. La charrue à vapeur ne présentant pas cet inconvénient, peut labourer des terres un peu humides, quoique tous les agronomes recommandent de ne jamais labourer un sol argileux lorsqu'il est encore humide. Toutefois, la vapeur a ici, comme motrice de charrues, de scarificateurs, de herses ou de rouleaux, un avantage que nous ne lui marchanderons pas, et qui, dans certaines situations, a beaucoup d'importance. Les hersages et roulages faits à la vapeur sont aussi, nous l'admettons, mieux exécutés, à égalité d'outillage, qu'avec les chevaux ou les bœufs. La réponse à la première question posée est donc en faveur de la vapeur, et si l'avantage n'est pas très-grand, puisqu'il n'existe que pour un certain état du sol, il est du moins incontestable, dans ce cas particulier;

2°. La préparation de la terre à l'aide de la vapeur est-elle plus économique qu'à l'aide d'animaux de trait? Il est très-difficile de répondre d'une manière générale, absolue, à cette question : car elle suppose que l'on connaît les prix de revient de la journée d'une charrue à vapeur et de celle d'un cheval ou d'un bœuf. Or, ces prix de revient sont fort élastiques. Les partisans de la vapeur admettent 200 jours de labour effectif par année, ce qui nous semble un chiffre très-élevé, puisqu'il faut compter en outre de nombreuses journées, ou fractions de journées, uniquement employées au déplacement des appareils; et l'année n'a que 365 jours, dont une partie notable correspond à des récoltes sur pied.

Partant de ce chiffre, et admettant 5 % d'intérêt, 10 % d'amortissement et 5 % d'entretien des appareils, ils arrivent à un prix de 130 fr. pour la journée d'un appareil Fowler à deux locomotives de dix chevaux chacune. Nous acceptons ce chiffre; mais il faut y ajouter le *quantum* du temps perdu. Est-ce un dixième en plus? un cinquième? Nous n'en savons rien; l'expérience seule peut décider, car cela dépend de la division de la propriété dans la localité, de l'état des chemins, etc.

Nous avons à peu près prouvé qu'un cheval de 650 kilog. bien nourri est, en kilogrammètres, l'égal du cheval-vapeur. Nous adoptons cette donnée pour simplifier nos comparaisons. Ainsi deux moteurs de dix chevaux travaillant alternativement, ou dix chevaux-vapeur travaillant d'une manière permanente reviennent à 130 fr. au moins par journée de dix heures de travail, soit par cheval-vapeur 13 fr.

De l'aveu donc des partisans des charrues à vapeur, la journée du cheval-vapeur dans les champs est de 13 fr. au moins, s'il y a deux locomotives : il ne serait pas beaucoup inférieur dans les systèmes à une seule locomobile.

Nous avons en main le prospectus français que M. J. Fowler distribuait et nous y voyons les chiffres suivants :

2 machines de traction à un cylindre de 8 chevaux, etc.	1,170	livres	sterling.
730 mètres de câble spécial n° 1, en acier, etc.	76	—	—
Charrues à 2 socs	85	—	—
Charrues à 4 socs	122	—	—
Charrues à 6 socs	105	—	—
Scarificateur à 9 dents	88	—	—
Herse ordinaire	55	—	—
2 rouleaux et 1 bâti	64	—	—
Tonneau à eau à 2 roues	30	—	—
Total	1,795	—	—
Ou à 25f,20 la livre sterling	45,234	francs.	

Si les machines sont de 10 chevaux on peut bien ajouter 5,000 fr. pour chacune. Soit en tout un capital de 50,000 fr. environ. C'est sur ce chiffre que le prix de revient ci-dessus a été fait.

Pour un système n'employant qu'une seule locomotive, il faudrait compter en moins :

570 livres sterling pour différence de prix, ou	14,364f,00	
370 mètres de câble en plus, à 2f,62 le mètre	969 ,40	
Porte-câbles, pièces, etc., en plus, 75 livres ou	1,890 ,00	
Total	2,859 ,40	
Reste en moins	11,505 ,00	à 20 %.
Pour 200 jours, ou par jour	11 ,50	
En moins, soit par jour	120 ,00	environ
Ou par cheval permanent	12 ,00	

Nous ferons remarquer que nous n'avons pas compris dans les journées de travail celles qui seront employées au transport des appareils d'un champ à un autre. Pour être exact, il faudrait donc ajouter aux frais ci-dessus des frais de charbon et de main-d'œuvre qui élèveraient encore quelque peu ce chiffre de 12 ou 13 fr. par journée de labour d'un cheval-vapeur.

Or le travail d'un cheval-vapeur, compté sur le volant de la machine, ne vaut plus 75 kilogrammètres s'il est compté à la tête de la charrue; les trans-

missions, l'enroulement et le déroulement du câble emploient une certaine portion du travail de la machine motrice. Donc nous pouvons affirmer qu'un cheval-vapeur ne fera pas plus de labour qu'un fort cheval vivant très-bien nourri.

A quel taux doit-on compter la journée de travail d'un cheval vivant? Nous avons donné jadis le détail d'un prix de revient admis à Grignon et qui ne s'élevait qu'à un peu plus de *trois francs*. Nous n'abuserons pas de notre avantage et nous augmenterons ce prix de revient de 33 %, soit 4 fr. pour le prix de revient de la journée de travail d'un cheval fort et bien nourri, employé exclusivement comme animal de trait ; nous compterons le laboureur au même prix.

Pour toute personne ayant des notions exactes de la science mécanique 75 kilogrammètres de travail donnés par une machine à vapeur sur un câble, ne peuvent pas produire plus d'ouvrage agricole que 75 kilogrammètres fournis par un cheval vivant. Or, dans le premier cas, les 75 kilogrammètres par seconde coûtent de 12 à 13 fr. par journée et dans le second 4f,50 seulement. Donc, *a priori*, le labour fait à la vapeur est notablement plus coûteux que celui qu'exécutent des chevaux de trait, à quelque prix que l'on évalue la journée du laboureur conduisant une charrue simple, un bisoc ou un trisoc. La question est ainsi résolue. Mais, précisons davantage. Les partisans du labourage à vapeur admettent qu'une locomotive de *dix* chevaux-vapeur fouille dans une journée de dix heures les surfaces suivantes : 1°. Un hectare à la profondeur de 50 centimètres : c'est une dépense de 5,400 kilogrammètres par mètre cube de terre découpée et retournée. Ce chiffre, d'après nos essais dynamométriques sur diverses espèces de sols et de sous-sols, suppose un terrain facile, meuble et exempt de pierres, ou au plus une bonne terre franche ; 2°. Deux hectares et demi labourés à 30 centimètres de profondeur, soit, par mètre cube remué, une dépense de 3,600 kilogrammètres ; cela suppose, d'après nous, un sol très-meuble ; 3°. Cinq hectares labourés à 20 centimètres de profondeur, soit 2,700 kilogrammètres par mètre cube remué. C'est possible dans les sols les plus meubles que l'on puisse trouver ; 4°. Douze hectares cultivés à 12 centimètres d'épaisseur, soit, par mètre cube remué, 1,875 kilogrammètres. Nous n'avons jamais trouvé un chiffre aussi bas, quelque meuble que fût le sol.

Ces chiffres, les deux derniers surtout, semblent donc très-problématiques et, dans tous les cas, ne s'appliqueraient qu'à des terres extrêmement meubles. Et il y aurait lieu d'en rabattre beaucoup pour les terres de consistance moyenne et *a fortiori* pour les terres tenaces qui exigent, par mètre cube remué, environ 9,000 kilogrammètres, c'est-à-dire du double au quintuple de ce que supposent les chiffres admis par les partisans du labourage à vapeur.

En adoptant donc les chiffres mêmes des partisans du labourage à vapeur, le labour d'un hectare de terre très-meuble, aux profondeurs de 12, 20, 30 et 50 centimètres reviendrait à 10f,97, 26f,33, 52f,66 et 131f,65 pour les terres moyennes ; mais, pour les terres tenaces, ces chiffres devraient être doublés ou quintuplés.

Voyons, en regard, ce que l'on peut obtenir des chevaux. En sols meubles, à raison de 3,600 kilogrammètres par mètre cube remué (2e cas ci-dessus), on ferait, avec deux chevaux vivants de 70 kilogrammètres par seconde, en huit heures de travail effectif, 37a,32c, pour une dépense de 12 fr., soit par hectare 32f,15, si l'on emploie une charrue simple. En adoptant un trisoc et quatre chevaux qu'un seul homme peut fort bien conduire, ce serait dans le 3e cas un travail de 149 ares 1/3 pour 20 fr., soit par hectare 13f,40.

Ainsi, même en admettant les chiffres des partisans du labourage à vapeur, qui supposent, ce qui est impossible, que le mètre cube remué de terre meuble

n'exige que 1,875 kilogrammètres, quand nous n'avons jamais trouvé de chiffres au-dessous de 2,500 dans les terres très-meubles, l'hectare de labour superficiel à vapeur coûterait près de 11 fr. quand, dans les hypothèses les plus défavorables, il ne coûterait réellement avec un quadrisoc attelé de chevaux que 6 fr. (trois chevaux par un quintisoc à $0^{m},12$ et 2^{h}, 68^{a}, 75^{c}, pour 16 fr.).

Des observations analogues peuvent être faites sur les labours à la profondeur de 50 centimètres (huit chevaux à une défonceuse faisant $59^{a},73^{c}$, pour 40 fr. ou $66^{f},96$ par hectare. Avec huit chevaux forts et bien nourris, on fait marcher une charrue *Révolution* qui fait $74^{a},66^{c}$, par jour pour un prix de 45 fr., soit par hectare $60^{f},20$ ou notablement moins que la moitié du prix de revient, du labour à la vapeur.

Depuis 1856 aucun cultivateur n'ignore que l'on fait avec la charrue Vallerand, dite Révolution, et avec les défonceuses analogues de M. Delahaye et autres, des labours de 45 à 50 centimètres de profondeur; et qu'avec deux attelages de trois ou quatre chevaux se suivant, on peut, avec une charrue ordinaire et une charrue Bonnet, atteindre la même profondeur; aussi sommes-nous resté confondu de trouver dans un rapport d'un *agriculteur industriel* cette assertion :

« *Ce travail ne peut s'exécuter à aucun prix par les bœufs ou les chevaux.* »

Il s'agit d'un défoncement à 50 centimètres.

Nous pourrions donc déjà dire : Dans un pays en bon état de culture, comme est la plus grande partie de la France, le labour à vapeur est toujours plus coûteux que celui fait par des chevaux de trait.

Nous sommes arrivé à cette conclusion en prenant tous les chiffres favorables à la vapeur. Mais, forcé de suivre les indications données, nous ne donnons pas les prix de revient ci-dessus comme absolument exacts. Nous étions forcé de faire une comparaison, il fallait donc prendre les chiffres avancés comme un des termes de la comparaison et conclure de là ce que les attelages de chevaux pouvaient faire dans des sols un peu imaginaires.

Toutefois, nous pensons que le labour à vapeur au point de vue économique présente d'autant moins d'infériorité sur celui des chevaux que la profondeur à atteindre est plus grande et la résistance du sol plus forte.

Nous avons supposé que les attelages de labour se composaient de chevaux de trait employés exclusivement au travail. Or, certains labours, les hersages, roulages etc., peuvent être faits par des *juments poulinières* ou de *jeunes chevaux* d'élevage; et, dans ce cas, le travail peut être plus économique que celui des chevaux de trait.

Enfin, les bœufs peuvent être employés aux labours profonds comme aux labours superficiels et, s'ils ne travaillent qu'une attelée, ils peuvent continuer à être considérés comme bêtes de rente et donner un travail très-économique. Cette question sort trop de notre spécialité pour que nous puissions nous y arrêter. On pourra prendre là-dessus l'avis de notre savant collègue M. Sanson.

Nous croyons cependant pouvoir affirmer que, pour les labours ordinaires et profonds, la vapeur est plus coûteuse que les animaux de trait dans un pays tel qu'est la France. Cela suffit à notre thèse.

En ce qui a trait à la rapidité du travail, la comparaison est difficile à faire entre la vapeur et les chevaux.

Les chevaux de trait entretenus sur une exploitation agricole doivent être employés aux divers travaux de préparation du sol, de semis, de sarclage, de coupe et de transport des récoltes. Chacun de ces travaux a sa saison ; de sorte qu'un certain nombre de chevaux, huit par exemple pour cent hectares, doivent être entretenus pendant toute l'année. Si la vapeur peut faire tous les travaux dans les champs et sur les routes, on peut supprimer ces huit chevaux : Mais,

si les locomotives ne doivent servir qu'aux labours, hersages et roulages, il est clair que le même nombre de chevaux par hectare peut être nécessaire à certains moments de l'*année*; et l'on ne peut les vendre quand ils sont inutiles pour les racheter lorsqu'ils sont indispensables.

La question économique de la culture à vapeur en France est donc fort difficile à résoudre, faute de faits sérieusement et impartialement observés. En Angleterre, la culture à vapeur est, dit-on, quelque peu répandue : aussi avons-nous cherché quelques chiffres probants, que nous allons faire connaître d'après des journaux sérieux.

Sur les fermes de M. Bomford, trois appareils Fowler à deux locomotives servent à faire les labours et sont même loués à des cultivateurs voisins. Ces charrues à vapeur sont employées immédiatement après la moisson, pour opérer les déchaumages. Dans la préparation des terres pour les racines, on laboure profondément; c'est à-dire à 30 centimètres si l'on ne doit pas mettre de fumier de ferme; sinon, la profondeur du labour ne dépasse pas 0^{m}, 228.

En labours ordinaires, dont la profondeur dépasse rarement 0^{m},20, l'appareil Fowler à quatre socs, fait dans les terres fortes, de 324 ares à 405 ares par journée de dix heures. En terre légère, avec une charrue à six socs, on fait de 486 à 687 ares.

Si, pour la profondeur de 0^{m},2, on suppose une largeur de 0^{m},285 c'est par corps de charrue une bande de 5,7 décimètres carrés. Donc, ce quadrisoc, en terre forte, exigerait d'après nos expériences dynamométriques, 1596 kil. de traction (4 fois, 5 $^{DM^2}$. 7 $\times$ 70 kil.) et la charrue à six socs en terre légère 1539 kil. (6 fois 5 $^{DM^2}$. 7 $\times$ 45 kil.). D'après les surfaces labourées, la vitesse de marche des charrues serait (temps perdu compris) de 0^{m},70 à 0^{m}, 87. Par suite, le travail utile de chaque locomotive par seconde s'élèverait à 1897 et 1364 kilogrammètres soit de 14 chevaux 63 à 18 chevaux 18. Les machines étant de 14 chevaux nominaux ont bien pu faire pendant certaines journées, 18 chevaux : mais alors, la consommation du combustible est plus forte pour chaque cheval-vapeur.

Comme ces résultats nous semblent assez probants, on peut les accepter, pour traiter la question économique. Avec le scarificateur à sept dents, entrant très-profondément en terre forte, on fait 606 ares par jour : et, en terre légère, avec onze dents, on fouille 809 ares. En terre forte, si l'on passe une seconde fois le scarificateur, en croisant les premières traces, on fait aussi, 809 ares.

Le grand avantage du labourage à vapeur, dans les terres fortes, c'est qu'il permet de préparer ces terres avant qu'elles ne deviennent humides : de la moisson au 15 octobre, tous les déchaumages peuvent être terminés. On travaille les terres légères en hiver. La charrue à vapeur suit donc les moutons surtout dans ces sols meubles. On reprend le labourage à vapeur au printemps, quand les récoltes vertes sont consommées, c'est-à-dire dans la première semaine d'avril, et on continue ainsi jusqu'au milieu de mai. La durée du labourage à vapeur sur la ferme peut donc être de cinq mois ou d'environ cent jours effectifs de travail. Avec les scarificateurs, on peut faire des façons en hiver et au printemps quand il ne convient pas d'employer la charrue. En fixant à cent-cinquante journées de travail effectif, le lot d'un appareil Fowler on a donc à peu près la vérité sur le laps de temps annuel de son travail.

D'après M. Bomford, l'amortissement devrait être calculé à 5 % du capital en admettant une durée moyenne de quatorze années pour les diverses parties de l'appareil, et l'entretien à 7 % (usure et réparation). D'après ces chiffres, voici le prix de revient problable d'un hectare de labour à vapeur en terre forte :

Intérêt du prix d'achat de l'appareil	5 %	17 % de 55000 fr. pour 150 journées, ou par journée de travail . . .	62f,33
Entretien.	7		
Amortissement.	5		
Charbon consommé : 3k,5 par cheval et par heure pour une moyenne de 16,4 chevaux ; soit 574 kilos à 35 francs la tonne (en Angleterre).			20f,09
Soit 574 kilos à 45 fr. la tonne (en France..			25 74
Main-d'œuvre : *Deux* mécaniciens-chauffeurs à 4f,50			21f,00
Un conducteur de charrue à 4 fr..			
Un charretier avec *un* cheval pour apporter l'eau et le charbon. . . .			
Total par journée, en Angleterre..			103f,42
— — , en France...			109f,07

Comme on peut faire de 324 ares à 405 ares, l'hectare de labour à 0m,20 de profondeur en terre forte reviendrait au moins à 25 fr. 53 et 27 fr. et au plus à 31 fr. 90 et 33 fr. 66.

En certaines situations, un seul cheval peut suffire pour le transport de l'eau et du charbon, mais non toujours. En terre légère, on fait de 486 à 607 ares : le prix de l'hectare se réduit alors à 17 fr. 04 et 18 fr. ou 21 fr. 27 et 22, 44. Ces prix sont probablement un peu au-dessous de la vérité, car nous ne tenons pas compte des frais de charbon et de main-d'œuvre occasionnés par les changements de place des appareils ; frais d'autant plus importants que les parcelles sont plus petites.

Dans le Staffordshire, en Angleterre, M. Webb entreprenait en 1869, le labour avec la charrue à vapeur de Fowler. Aux profondeurs de 0m,178 à 0m,254, le prix demandé était de 37 fr. 36 à 46 fr. 70 l'hectare, suivant la grandeur du champ et la nature du sol.

La première *scarification* (façon au scarificateur) coûtait 31 fr. 13 à 40 fr. 47 : les deux premières, ensemble, de 56 fr. 04 à 65 fr. 34. Le cultivateur fournissait le charbon et l'eau. Comme le charbon chez nous coûterait (voir plus haut) de 5 à 6 fr. par hectare, et que le transport de l'eau vaut de 2 à 2 fr. 50 ; il faut ajouter aux prix payés ci-dessus, pour avoir le prix de revient réel, de 7 à 8 fr. 50 soit donc par hectare de labour à 0m, 216 en moyenne, de 44 fr. 36 à 55 fr. 20.

Avec un fort bisoc et 4 ou 6 chevaux, en terre légère ou forte, on peut faire par jour environ un hectare en terres pas trop meubles et non trop fortes. La dépense par jour étant alors de 20 à 32 fr. On voit que le labour par les chevaux, au bisoc, ou au trisoc est sensiblement moins coûteux qu'avec la vapeur.

Nous avons volontairement défavorisé un peu la culture avec des chevaux, et admis en premier lieu les chiffres assez contestables des partisans de la vapeur.

SCARIFICATEURS-EXTIRPATEURS. (Pl. V et VI, fig. 1 à 15).

Ces instruments ne datent guère que de la fin du dernier siècle. Ils ont pour fonction de fendre la terre à une profondeur notable et de la soulever et la rompre en mottes à la façon d'un piochage. La préparation du sol a presque la valeur d'un labour, et peut être effectuée au printemps dans des terres trop moites pour pouvoir recevoir la charrue.

Le scarificateur avec des dents larges ou des socs peut, immédiatement après la moisson, rompre les chaumes et aider aussi à la destruction des mauvaises plantes.

Un bon scarificateur entre les mains d'un cultivateur intelligent rend d'énormes

services surtout dans les terres fortes, souvent humides. L'Exposition présentait un assez grand nombre de ces instruments, bien qu'ils soient trop anciens, trop connus, pour attirer la curiosité et exercer une *great attraction*, comme les bisocs et trisocs, les moissonneuses, etc. Le genre d'instruments connus sous le nom de scarificateurs ou d'extirpateurs est né, comme nous l'avons dit, d'un besoin de préparation rapide du sol et d'un perfectionnement de la *culture* mécanique.

Le mot *culture* a, dans le langage agricole, une signification très-étendue : on peut dire qu'il désigne *tout moyen physique ou chimique* employé pour augmenter la fécondité de la terre, et provoquer la végétation des plantes utiles. Cependant, ce mot s'applique plus particulièrement aux travaux mécaniques effectués dans le but d'augmenter la puissance du sol, c'est-à-dire de l'améliorer au point de vue de l'agrégation et de la finesse des particules diverses dont il est composé, de l'épaisseur de la couche active ou nutritive; et, enfin, de la protection des plantes utiles avant ou pendant leur végétation : autrement dit, la culture mécanique a pour but d'augmenter la puissance du sol en l'aérant et l'ameublissant plus ou moins profondément, en le débarassant des plantes adventices qui gêneraient le développement des plantes cultivées, etc.

Dans les temps primitifs, le cultivateur pouvant, à très-peu près, choisir son terrain, n'ensemençait que celui qui présentait naturellement une grande puissance de production et même une certaine richesse naturelle accumulée ; aussi les travaux de culture se bornaient-ils, alors, à quelques opérations manuelles très-simples ayant pour but de préparer la terre pour rendre possible l'ensemencement, mais n'augmentant pas sensiblement la puissance du sol, dans l'acceptation précédemment établie.

Aujourd'hui, l'art du cultivateur n'est plus aussi simple ; non-seulement il doit rendre périodiquement au sol sa *richesse* première, par l'enfouissement de divers engrais, mais il doit en outre constamment s'efforçer d'augmenter sa *puissance*, le second élément de la *fécondité* de la terre : car une même étendue des bons sols doit produire, chaque année et en plus grande quantité que jadis ; les plus mauvaises terres elles-mêmes doivent produire sans relâche. Aussi les travaux de culture sont-ils aujourd'hui très-variés. Les bras du laboureur ne lui suffisent plus pour la préparation du sol : il s'aide de nombreuses bêtes de trait ; et bientôt, peut être, chevaux et bœufs, ne pouvant eux-mêmes suffire, seront *aidés* par la vapeur. Ainsi donc, à mesure que l'agriculture se perfectionne, le cultivateur est amené à employer de nouveaux instruments de culture, parce qu'il doit effectuer de nouvelles opérations mécaniques d'amélioration du sol, ou faire les travaux de la culture ordinaire plus rapidement et plus économiquement.

La machinerie agricole devient donc chaque jour plus variée et même, il faut le reconnaître et l'accepter, plus compliquée, parce qu'elle tend à effectuer des opérations de plus en plus précises et efficaces.

Ainsi, pour ne parler que d'un seul genre de travaux de culture, ceux destinés à préparer le sol avant l'ensemencement, qu'étaient-ils jadis, et que sont-ils encore dans un grand nombre de pays arriérés ? Des labours superficiels et incomplets effectués par des charrues grossièrement établies, des apparences d'ameublissement et de nettoyages, par une herse à dents de bois, et un semblant de compression, par un léger tronc d'arbre.

Mais actuellement, chez les cultivateurs avancés, la préparation du sol se fait par des charrues diverses retournant le sol, enfouissant le fumier, etc. ; par des fouilleuses ou des sous-soleuses approfondissant la couche active ; par des scarificateurs ouvrant le sol et l'aérant ; par des extirpateurs le nettoyant des mauvaises herbes plus ou moins profondément enracinées ; par des herses plus

ou moins énergiques ameublissant, au degré convenable, la couche superficielle du sol et la débarassant des plantes traçantes; par des rouleaux brisant réellement les mottes ou nivelant et comprimant un sol trop inégal ou trop ouvert, etc., etc.

Les charrues ordinaires, les herses et les rouleaux existent dans toutes les fermes : ce sont, le plus souvent, des instruments imparfaits et d'une efficacité médiocre; mais enfin ces trois instruments primitifs existent. Le perfectionnement de ces machines typiques s'est fait et doit toujours se faire en appliquant le principe économique si fécond de la division du travail, dont l'application a pour effet d'augmenter, en même temps, l'*efficacité* et la *rapidité* des opérations.

Ainsi, aujourd'hui, les charrues se sont partagées le travail des labours et présentent, comme nous l'avons vu, plusieurs genres bien distincts; charrues pour labours superficiels, charrues pour labours profonds, pour terres légères, et pour terres tenaces; charrues fouilleuses, charrues polysocs, etc. Les herses actuelles sont légères ou plus ou moins énergiques. Les rouleaux perfectionnés sont unis ou dentés, faits d'une seule pièce ou de plusieurs segments ou disques.

Cette division du travail des instruments de préparation du sol, poussée un peu plus loin, a conduit à l'emploi de machines qui ne sont pas encore d'un usage général, malheureusement, surtout dans leurs formes perfectionnées; mais qui, du moins, sont à peu près représentées dans toutes les fermes bien conduites: ce sont les scarificateurs ou extirpateurs.

Ces instruments sont parfois désignés par le nom général de *cultivateurs* qu'ils méritent en raison même de leur origine : ils sont, en effet, le résultat d'un *besoin* de *culture rapide*. Ils permettent d'ameublir plus profondément que les herses, d'ouvrir et rompre le sol beaucoup plus rapidement que la charrue; enfin, d'enlever les mauvaise herbes profondément enracinées. Telles sont, en résumé, les opérations que doivent effectuer les scarificateurs-extirpateurs proprement dits. Mais ici encore se remarque une application du principe de la division du travail : quelques-uns de ces *cultivateurs* ne sont établis que pour détruire les mauvaises plantes en coupant leurs racines; ce sont des *extirpateurs* (de *ex*) (hors) et *stirps* (racine); d'autres n'ont pour but que de fendre, ouvrir et ameublir le sol sur une certaine profondeur : ce sont des *scarificateurs* (du grec) *skaripheuein* (inciser); quelques-uns sont seulement destinés à *effleurer*, *peler* ou *parer* le sol, c'est-à-dire à détacher, sans la retourner, la croûte superficielle : ce sont des ratissoires, des paroires, des écobues, des déchaumeurs (en anglais skim-Ploughs, paring-ploughs, broadshares). Ces derniers sont analogues aux extirpateurs et de la même classe. Enfin nombre d'appareils, comme la plupart de ceux qui dérivent de la *Herse-Bataille*, ont des pièces travaillantes rompant le sol en le soulevant et le réduisant en mottes; ce sont des instruments mixtes effectuant une espèce de piochage énergique parfois très-efficace pour détruire les mauvaises herbes. Ce genre d'appareils porte parfois le nom d'*essarteur* et, en anglais, celui de *Grubbers*.

C'est de ces diverses espèces d'instruments que nous devons nous occuper actuellement.

La première difficulté que présente leur étude, c'est leur classification et leur dénomination. Où s'arrête l'extirpateur? Où commence le scarificateur? Ces deux sortes d'instruments de culture diffèrent réellement fort peu l'un de l'autre, et parfois même ils se rapprochent d'autres instruments, des *herses* ou des *houes* par exemple : On peut, à la rigueur, donner le nom de *scarificateurs* aux instruments dérivant visiblement de la herse et réserver le terme spécifique d'*extirpateurs* aux appareils d'une construction analogue, mais munis de larges pieds ou socs propres à couper sous terre et arracher les racines des mauvaises

herbes. Mais il est bien difficile qu'un scarificateur ne serve pas aussi à extirper les racines et qu'un extirpateur ne scarifie pas quelque peu. Les instruments qui, au lieu de faire dans le sol des fentes verticales parrallèles, ou des coupes horizontales, comme les précédents, et qui piochent le sol, en le rompant en mottes, sont des *essarteurs* ou des scarificateurs-extirpateurs.

Du reste, nous avons déjà fait remarquer que, tout en admettant la nécessité de la division du travail, il est possible de faire un instrument dont les pièces travaillantes puissent se transformer ou être changées de telle façon que l'on puisse parer ou peler le sol, le scarifier ou le piocher, ou enfin extirper les mauvaises plantes traçantes ou pivotantes. Nous adoptons donc la classification suivante :

Cultivateurs.	à une seule fin.	*Scarificateurs* (Scarifiers). *Extirpateurs* (Broadshares). *Scarificateurs-extirpateurs* ou *essarteurs* (Grubbers).
	à plusieurs fins.	*Cultivateurs* proprement dits.

Comme nombre d'agriculteurs ne se doutent pas des immenses ressources que présente un bon scarificateur-extirpateur, nous croyons bon de rappeler ici les diverses circonstances dans lesquels il peut être employé.

Le cultivateur à plusieurs fins est employé : 1°, avec des pieds armés de *larges socs* tranchants; pour *déchaumer* et couper toutes les racines pivotantes des mauvaises herbes; 2°, avec des *dents* courbes, longues et étroites, pour ouvrir ou fendre la terre dans le but de l'aérer ou de la préparer à recevoir en travers une façon avec des larges socs, ou avec une charrue; 3°, avec des socs épais et étroits, des pointes mousses, ou d'étroites dents de *binots* (Herses-Bataille), pour fouiller, piocher, ouvrir, soulever et remuer le sol; soit, en automne, pour provoquer la levée de certaines mauvaises herbes et leur destruction prochaine, ou en arracher d'autres; soit, au printemps, pour ameublir les terres labourées dans l'automne précédent. On amène ainsi à la surface les mauvaises herbes que l'on peut ensuite facilement recueillir et enlever; on dégage les mottes enterrées par le dernier labour, et on facilite ainsi leur délitement par les influences atmosphériques ou leur rupture par des instruments *ad hoc*.

Le *scarificateur* a été employé avec succès pour rompre les trèfles. On donne, pour cela, un coup de scarificateur (dents étroites, nues) en travers, puis on donne le labour de défrichement dans le sens de la longueur; par suite de ce travail préparatoire du scarificateur, les bandes de terre en trèfle, retournées, sont beaucoup plus facilement amenées à un état convenable d'ameublissement; le travail des herses pour le recouvrement des semences est plus régulier; et la terre se trouve en un meilleur état pour la nourriture des futures jeunes plantes.

Le travail du scarificateur-extirpateur peut, en plusieurs circonstances, remplacer celui de la charrue; et parfois, à un certain point de vue, ce travail peut être supérieur au labour ordinaire; et dans ce cas, le scarificateur a sur la charrue l'avantage de la rapidité et de l'économie de force; et cet avantage est considérable. La façon au scarificateur, le *quasi-labour*, peut se faire trois ou quatre fois plus rapidement qu'avec la charrue, et avec une économie de cinquante pour cent en argent et des deux tiers aux trois-quarts en chevaux; sans compter l'avantage inappréciable de ne faire que le travail exigé et de le faire avec précision.

L'extirpateur, comme son nom l'indique, a surtout pour but l'arrachage des mauvaises plantes profondément enracinées, telles que chiendents, patiences,

etc.; mais il sert aussi à préparer, à ameublir la terre pour les céréales et les récoltes-racines : car si son but principal est de couper la terre suivant un plan horizontal ou parrallèle au sol, il fend forcément la terre suivant des plans verticaux et la remue à la profondeur atteinte par la pointe des socs.

Lorsque l'extirpateur doit servir à la préparation d'une *récolte-racine*, le temps convenable pour l'employer est quelque peu après le premier labour de printemps, et en travers, après un hersage ayant enlevé une première fois les mauvaises herbes. L'extirpateur travaille alors avec une entière liberté sans s'engorger, même dans les terres d'abord tout à fait sales.

Cette nécessité de ne faire passer l'extirpateur qu'après la herse, en terre très-sale, n'existe que pour les instruments à pieds verticaux courts; les vrais cultivateurs perfectionnés à plusieurs fins ont des pieds longs et d'une courbure simple ou double telle que l'engorgement est impossible, comme nous le verrons ci-après.

L'extirpateur-scarificateur ne doit, sauf quelques exceptions, être considéré que comme l'auxiliaire de la charrue; mais il est extrêmement utile dans toutes les façons ayant pour but le nettoyage du sol. Le scarificateur-extirpateur ne vient donc pas faire les travaux de la charrue; mais il les complète et parfois il en remplace quelques-uns et fait ce que nous avons appelé des quasi-labours.

Quelques cultivateurs anglais, outrant l'emploi des scarificateurs, considèrent comme le meilleur mode de faire passer le scarificateur-extirpateur en travers des bandes du labour d'hiver; mais l'état de saleté des champs des fermes où cette méthode est suivie systématiquement est une preuve convaincante de l'insuffisance de cette pratique lorsqu'elle est suivie trop absolument; car elle peut être bonne en quelques cas :

« Je fais, dit M. Dombasle, » (annales agricoles de Roville, t. I, page 173) un très-grand usage de l'extirpateur, et je n'hésite pas à le considérer comme le plus précieux des instruments de culture après la charrue. Toutes les terres qui ont été labourées avant l'hiver, pour être ensemencées au printemps, se trouvent bien mieux de l'emploi de l'extirpateur que d'un nouveau labour à la charrue; les récoltes y sont plus assurées contre les effets de la sécheresse, qui nuisent si souvent aux semailles de printemps. Dans les travaux de préparation des terres pendant l'été, l'extirpateur remplace, avec beaucoup d'avantages un ou plusieurs labours; mais jamais le premier. Cet instrument couvre les semailles avec beaucoup plus de perfection que la herse. « Son emploi est fort économique puisqu'un extirpateur à cinq socs, attelé de trois ou quatre chevaux, selon la nature et l'état de la terre, peut cultiver au moins deux hectares par jour. Avec cet attelage, il peut pénétrer de huit à quatorze centimètres de profondeur, selon qu'on le désire. »

Telle est l'opinion de Dombasle. Voici celles de John Sinclair et de Thaër qui méritent aussi d'être méditées.

« Telle est », dit John Sinclair, « l'utilité de cet instrument, par l'économie qu'il prouve sur les labours, et par la facilité qu'il donne de nettoyer les terres des mauvaises herbes, qu'on le regarde comme ayant ajouté beaucoup à la valeur des fermes sur lesquelles il a été introduit. Il est vrai que non-seulement le scarificateur diminue beaucoup le travail des labours, mais il peut aussi être employé avantageusement dans les cas suivants : » 1°. Le terrain destiné à recevoir de l'orge ou des turneps peut, après avoir reçu un seul labour à la charrue, être rendu propre et meuble par le moyen de cet instrument, et être dispensé ainsi des labours et des hersages suivants ; 2°. Lorsque le sol a été labouré en automne, on évite, par l'emploi du scarificateur, les inconvénients

des semailles de printemps sur les labours de l'hiver ; non-seulement l'orge, mais aussi l'avoine, pourvu qu'elle ne soit pas semée sur une prairie rompue, ainsi que les pois, les fèves et les vesces, peuvent être semés sans autres labours ; 3°. Le même instrument peut aussi avec avantage, permettre de diminuer le nombre des labours de jachères, et d'exécuter ce procédé plutôt dans la saison et avec moins de dépenses ; 4°. On peut l'employer efficacement pour les préparations à donner à la terre pour les pommes de terre et les turneps, et ensuite pour arracher les pommes de terre ; 5°. Enfin, son utilité, pour mélanger avec la terre la chaux et les composts, est de la plus haute importance; non-seulement il exécute cette opération plus efficacement que la charrue, mais il n'enterre jamais ces amendements au-delà de la profondeur qui leur convient. C'est pour tous ces motifs qu'on considère le scarificatenr comme un des plus grands perfectionnements que les temps modernes aient introduits dans l'art de cultiver la terre.

« Si », dit Thaër, « l'on met un espace de temps convenable entre les diverses cultures qu'on donne avec cet instrument, les semences des mauvaises herbes qui étaient renfermées dans les mottes, germent, et les plantes qu'elles produisent sont bientôt détruites par le labour suivant. Les racines des mauvaises herbes sont ramenées à l'air, elles sont déchirées et plus d'une fois réitérées, elles périssent. »

L'utilité de cet instrument est frappante, surtout lorsque le terrain ayant rapporté des récoltes sarclées, pour lesquelles il a reçu un labour suffisamment profond et les cultures nécessaires, il doit au printemps suivant être travaillé et ensemencé en avoine. De cette manière, je suis parvenu à cultiver avec avantage la grande orge à deux rangées, dans un terrain sablonneux, sur lequel cette espèce de céréale n'eût pu réussir si elle eût été semée au printemps après un labour à la charrue seulement.

On emploie aussi, avec beaucoup de succès, l'extirpateur sur un trèfle rompu, lorsque celui-ci n'a pas été assez ameubli par un seul labour. Sans cela on serait obligé d'y donner trois labours, ce qui retarderait considérablement les semailles. Avec l'extirpateur, on peut le rendre suffisamment meuble et faire périr les racines de trèfle.

« Cet instrument n'est pas d'un usage moins avantageux sur les terrains qui ont été déchaumés après une récolte de pois ou de vesces. Comme il est d'une grande importance de rompre ces terrains d'abord après la moisson, ils se durciraient trop ou s'infesteraient de mauvaises herbes si on ne leur donnait une seconde culture ; et si l'on devait faire celle-ci avec la charrue, elle emploierait beaucoup de temps à une époque où tous les moments sont précieux. Au moyen de l'extirpateur, leur couche supérieure est bientôt renouvelée, de manière que, sans aucun labour, on peut y faire l'ensemencement et enterrer la semence avec la herse. Enfin je trouve très-utile de passer légèrement l'extirpateur sur un champ de pommes de terre peu de temps avant que celles-ci lèvent, et lors même qu'elles auraient déjà quelques feuilles. »

Cette culture détruit les mauvaises herbes qui ont poussé depuis le dernier labour, de sorte que les pommes de terre sont alors beaucoup moins infestées de plantes parasites.

On croit, à la vérité, pouvoir également opérer cet effet par le moyen d'un hersage, surtout si, après avoir planté les pommes de terre à la charrue, on a laissé le sol dans l'état même où il a été mis par le labour ; mais, en suivant cette dernière méthode, on remplit ce but d'une manière beaucoup plus imparfaite que lorsqu'on herse après avoir planté ; à cette époque, le hersage est nécessaire pour faciliter la germination des mauvaises graines contenues dans

le sol, afin que les plantes qui en résultent puissent être détruites par la culture à l'extirpateur.

« Cependant, on conçoit que cela ne peut avoir lieu lorsque les pommes de terre ont été plantées sur des billons étroits et relevés. »

Les scarificateurs-extirpateurs perfectionnés ou cultivateurs sont assez peu répandus en France; mais, dans le rayon d'approvisionnement de Paris, on trouve assez communément un instrument de ce genre connu sous le nom de Herse-Bataille, du nom du premier constructeur, ou parfois sous celui de *batailleuses.* Ce sont des *piocheurs* (3e espèce du 1er genre) ou essarteurs. Voici ce que l'on a avancé depuis longtemps en faveur de ces instruments, inférieurs cependant aux instruments perfectionnés à toutes fins connus sous les noms de cultivateurs ou de scarificateurs-extirpateurs.

« On a signalé, dans la herse de M. Bataille, les avantages suivants : 1°. Elle est propre à remplacer avec beaucoup d'économie tous les labours peu profonds, tels que les déchaumages, les hersages, les enfouissages de grains, toutes opérations qui se succédant de près et se renouvelant fréquemment, exigent de la célérité pour pouvoir être exécutés en temps convenable ; 2°. Elle fournit un hersage assez énergique pour suppléer avec avantage, dans les terres frappées de pluie ou dans les emparcages, à l'insuffisance des petites herses jusqu'à présent en usage ; 3°. Avec une perfection sensible, elle débarasse la terre et les prairies artificielles de toutes les plantes parasites traçantes, telles que le chiendent, les liserons, les renouées ou traînasse, les oseilles batardes, les laiterons, l'ivraie vivace et quelques autres graminées sauvages dont on avait peine à arrêter les progrès. Elle sera donc, d'un grand secours pour détruire pendant leur germination les plantes bisannuelles dont les graines, jetées par les labours au fond des cavités que laissent entre eux les prismes de terre obliquement couchés par la charrue, y sont soustraites aux dents des petites herses et y germent en paix pendant l'automne ; 4°. Elle a un tel avantage pour le système de culture améliorée, qu'elle dispensera le cultivateur d'augmenter le nombre de ses attelages du cinquième que nécessitait la suppression de la jachère ; et, dans ce dernier système, son effet, d'après la somme de travail qu'elle exécute, doit diminuer d'un dixième le nombre de ces attelages. Cela ne surprendra pas, si, comme on l'assure, un seul passage de cet instrument produit un effet équivalent à trois ou quatre passages d'une grosse herse ordinaire qui absorbe la même force, et si un second passage en travers du premier met la terre en parfait état de culture.

Dans une lettre de M. C. Beauvais, on trouve une application de la Herse-Bataille, indiquée en ces termes :

« Il me semble, dit-il, qu'on a omis un cas décisif et important où cette herse est appelée à rendre un grand service au cultivateur ; je veux parler de ces labours d'automne, destinés à recevoir des mars, et dans lesquels il est quelquefois impossible d'entrer avant les premiers jours d'avril ; les guérets ont alors perdu leur vivacité et déjà l'œil inquiet du cultivateur y découvre une teinte verdâtre qui réclame une façon de printemps, dont les effets sont si changeux dans les terres légères. Dans ce cas, le fermier qui possède une Herse-Bataille, doit herser en long et en large avec les herses ordinaires, semer son grain et l'enterrer avec la Herse-Bataille. »

« Les herbes parasites ont péri par l'effet des petites herses, et la semence a été enfouie sans exposer l'intérieur du sol au hâle désséchant de cette époque. Les dents de la Herse-Bataille n'ont entrouvert la terre que pour la mettre à même de recevoir ensemble la semence et la superficie ameublie du sol, qui vont se réunir au fond de la raie tracée par les fortes dents de cet instrument

Je ne pense pas qu'il existe une combinaison plus favorable et qui doive inspirer plus de confiance que celle-là, je n'ai point encore exécuté ce travail dont j'apprécie tous les avantages, mais j'ai été à même d'en voir les bons résultats cette année (1835) chez M. Radot, maître de poste à Essonne. » (*Dict. d'agr. de Pourrat*).

On voit que, suivant les sols et les cultures, les agronomes et les agriculteurs vantent les avantages des instruments à larges socs ou extirpateurs, ceux à dents simples ou scarificateurs; et ceux à dents courbes larges et binoteuses que nous appelons essarteurs ou piocheurs et dont la Herse-Bataille est le type le plus connu.

En Angleterre, cette variété d'opinions existe aussi. C'est une preuve certaine qu'il faut des instruments pouvant à volonté agir avec des socs larges, plats et tranchants, des socs étroits et épais, des pointes mousses épaisses, ou des dents minces. Il faut donc des *cultivateurs* vrais, à toutes fins ; et le praticien intelligent pourra en tirer les plus grands avantages : rapidité et efficacité des diverses façons, surtout en automne et au printemps.

M. Clay, en Angleterre, construit d'excellents scarificateurs-extirpateurs à toutes fins, que nous aurons plus tard l'occasion de faire connaître, en détail. Il en recommande très-intelligemment l'emploi dans une note que nous allons analyser.

Après avoir comparé les divers modes de cultivation mécanique pratiqués dans les diverses parties du pays qu'il habite, et après de nombreux essais, faits dans le but de décider quel est le mode le plus efficace et le plus économique, M. *Ch. Clay* a été conduit à présenter aux agriculteurs les remarques suivantes dans le but de réduire, de beaucoup, le laps de temps employé aujourd'hui pour façonner ou cultiver le sol, en automne surtout.

La méthode qu'il propose est en principe opposée à la pratique générale actuelle de sa localité; mais si, dit-il, on l'examine avec attention et si on l'essaie, les résultats peuvent être sans crainte soumis au jugement des partisans les plus acharnés des anciennes méthodes.

Le système de culture à l'extirpateur à socs larges a été depuis nombre d'années adopté pour rompre et nettoyer les chaumes ; et pour les façons du printemps cet instrument a aussi de nombreux partisans. Mais, bien que M. Clay admette que l'emploi de ces instruments a donné de grands avantages, il affirme que le piochage (Grubbing) à l'aide de scarificateurs munis de larges dents analogues à celles des Herses-Bataille (Grubbers) est encore plus efficace, plus économique et plus généralement praticable que le déchaumage avec des socs larges ou que tout autre procédé adopté jusqu'ici.

Cultures du printemps. — *Préparation de la jachère et façonnement des terres destinées aux céréales de printemps.* L'ancien système de culture comprenait des labours suivis de hersages énergiques avec de fortes herses, suivies de herses moins lourdes. Il est ou doit être aujourd'hui remplacé par le système de culture aux scarificateurs-extirpateurs, qui sont de construction très-variée et dont les avantages signalés précédemment sont assez connus pour qu'il soit superflu de les rappeler ici. Cependant, comme il existe encore nombre de cultivateurs qui suivent l'ancien système, il vaut mieux se répéter que de manquer à signaler aux retardataires les avantages des scarificateurs-extirpateurs. D'abord, une grande économie de temps qui, seule, suffirait à recommander ces instruments. En effet, avec un scarificateur-extirpateur à trois chevaux (muni de dents piocheuses) un homme fait aisément par jour de 243 à 324 ares; avec un appareil de la force de deux chevaux, il peut faire de 162 à 202 ares; tandis qu'avec une charrue exigeant le même attelage on ne fait que

40 ares 47. En second lieu, la façon au scarificateur-extirpateur est meilleure que le labour parce que les dents piocheuses n'enterrent pas, comme la charrue, les mauvaises herbes au-dessous de la profondeur que peuvent atteindre les herses; mais, au contraire, les mettent à la surface prêtes à être enlevées.

Une seule façon au scarificateur-extirpateur suivie de deux hersages vaut, dans la plupart des cas, un double labour et trois ou quatre hersages. De plus, la première série de façons n'exige que deux jours, tandis qu'il faut quatre jours dans la seconde, pour faire 324 ares.

De même, quand en automne les chaumes ont été retournés à la charrue, les scarificateurs-extirpateurs (Grubbers) sont plus efficaces que les extirpateurs à larges socs; pour la première façon, du moins, car ils ne coupent pas le chiendent en aussi nombreux morceaux que les socs de charrues ou d'extirpateurs.

Cependant, si le sol produit des chardons, des tussilages dits pas-d'ânes, et autres mauvaises plantes, mais alors seulement, on peut user de l'extirpateur à larges socs avec quelque avantage; et le sol ne doit pas recevoir le scarificateur à larges socs jusqu'à ce que le sol ait été entièrement rompu par les scarificateurs-extirpateurs, non-seulement pour la raison énoncée ci-dessus; mais parce que l'on économise ainsi la moitié de la force qu'exigeraient ces extirpateurs à larges socs.

Lorsqu'il faut rompre les terres qui ont porté les racines pour y mettre des céréales de printemps, on le fait aussi plus efficacement avec les scarificateurs-extirpateurs, surtout en temps sec; le sol n'étant pas retourné, l'humidité reste dans le sol et une excellente couche de terre est ainsi préparée pour le semis. En fait, la charrue est actuellement tout à fait remplacée par le scarificateur-extirpateur pour les cultures ou façons de printemps. Il faut cependant excepter le labour pour enfouissement de fumier.

Cultures en automne. — Le nettoyage des chaumes après la moisson est une des opérations les plus importantes de la culture : car, à cette saison, les mauvaises herbes sont beaucoup plus aisément extirpées du sol qu'au printemps : les façons au scarificateur-extirpateur, provoquent ou facilitent la germination des graines de mauvaises herbes avant l'hiver; et alors le labour les retourne, les racines en l'air; il suffit alors d'un hersage énergique en temps de gelée pour les détruire entièrement : Elles constituent alors un engrais végétal utile à la récolte prochaine. Il est regrettable que ce mode de nettoyage du sol ne soit pas généralement adopté. Le plus grand obstacle à son adoption est le court laps de temps qui s'écoule entre la moisson et les semis d'automne. Aussi comprend-on que les instruments qui, comme le scarificateur-extirpateur, donnent le moyen d'effectuer les façons de nettoyage en très-peu de temps, sont des appareils extrêmement recommandables.

Et comme M. Clay pense que c'est le scarificateur-extirpateur (Grubbers) ou l'essarteur, ou la Herse-Bataille qui font le travail le plus rapidement, il conseille aux agriculteurs de les employer de préférence aux extirpateurs à larges socs. Voici les propositions soutenues par M. Clay :

Parfois, un seul coup de scarificateur-extirpateur est donné avant l'extirpateur à larges socs.

C'est un progrès sur la méthode ordinaire de déchaumage à l'extirpateur; mais, dit M. Clay, on ne croit pas dans son pays que l'on puisse remplacer l'extirpateur à larges socs par un appareil à dents piocheuses (Grubbers). Tandis que M. Clay, bien qu'il construise un *cultivateur à toutes fins*, pense qu'il faut rompre les chaumes exclusivement avec des dents piocheuses.

Les méthodes adoptées dans son pays sont très-variées.

Quelques cultivateurs préfèrent ameublir, puis enfouir le chaume et les mauvaises herbes par la charrue, espérant qu'ils sont ainsi décomposés. D'autres recueillent ces matières végétales et les brûlent aussi complétement que possible.

Ceux qui les enfouissent à la charrue font d'abord passer l'extirpateur à larges socs en long, puis immédiatement une seconde fois en travers, et, à partir de ce moment, la herse lourde y passe presque pendant le reste de l'automne, et même en hiver; ce qui n'est pas décomposé en Janvier ou au plus tard en Février est enfoui à la charrue.

Les praticiens qui brûlent le chaume et les mauvaises herbes essaient ordinairement d'en récolter déjà une certaine quantité après le premier coup d'extirpateur à larges socs, et alors ils donnent un nouveau coup de cet instrument en travers du précédent travail, et ensuite ils scarifient, puis font passer la herse lourde, puis la herse ordinaire. M. Clay pense que le second passage de l'extirpateur à larges socs est remplacé avec avantage par un coup de son cultivateur armé de fortes dents de scarificateurs ou de pieds courbes armés de pointes mousses fortes ou de petits socs étroits et épais. On rompt ainsi entièrement toute portion du sol qui aurait pu, par hasard, échapper à l'extirpateur à larges socs. On remplace ainsi le deuxième coup d'extirpateur par un essartage qui exige moins de force et en outre fait plus d'effet que la forte herse qui aurait dû suivre le second coup d'extirpateur. Cette supériorité de l'essarteur (grubbers) sur l'extirpateur a été prouvée à M. Clay par ses nombreuses expériences destinées à faire connaître la valeur de ses instruments et par les rapports des essais de ses clients ou amis : Voici des faits acquis :

1°. *Par le passage du scarificateur-extirpateur (grubbers), un volume donné de terre en chaume est rompu avec un peu plus de moitié de la force (déterminée par le dynamomètre) en attelage, et du travail manuel de conduite qu'exigeait un extirpateur à larges socs.*

Trois chevaux et un homme essartent 303 ares 5 par jour avec le cultivateur de Clay de la force de trois chevaux, muni de 5 ou 7 dents de sacrificateurs ou de pieds à fortes pointes ou socs épais, suivant l'état du sol. Un second passage (en travers du précédent) du même instrument suffit à extraire la totalité des mauvaises herbes; mais, lors même qu'un troisième passage serait nécessaire, on aurait, en trois journées, pulvérisé la terre aussi complétement que si elle avait reçu deux coups d'extirpateurs avec trois chevaux (façons qui exigent ensemble trois journées) et ensuite hersée fortement deux fois (deux jours). Ainsi, avec l'extirpateur, il faut cinq journées pour faire 303 ares 5, quand, dans le premier mode, trois journées, au plus, suffisent. Dans les deux méthodes, du reste, on arrive ainsi à extraire tout le chaume et le chiendent; il suffit ensuite de faire passer une paire de herses ordinaires pour amener à la surface toutes ces matières végétales bien débarrassées de la terre qui y adhérait précédemment. M. Clay suppose que dans les deux méthodes ci-dessus on a employé son cultivateur à toutes fins. Si on employait d'autres extirpateurs à larges socs, l'avantage de l'essarteur (grubbers) serait encore plus sensible, car les extirpateurs ordinaires à trois chevaux ne font ordinairement que 121 ares 4 à 161 ares 9 par jour. De sorte que, pour 303 ares 5 , il faudrait de 3 $^1/_2$ à 4 journées pour les deux coups d'extirpateurs, au lieu des trois jours admis ci-dessus; en outre, si l'on emploie ensuite de fortes herses ordinaires, il faut qu'elles passent quatre fois au moins, au lieu de deux, occupant 4 chevaux et 2 hommes pendant trois jours, au lieu de 3 chevaux et un homme pendant 2 jours, comme on l'a supposé ci-dessus. Ainsi, la façon à l'extirpateur à socs larges paraît entièrement inutile, car le cultivateur, monté en essarteur, ou piocheur, fait du même coup le travail de l'extirpateur et de la herse scarificatrice ou dragueuse. En fait,

l'extirpateur à larges socs exige souvent plus de travail d'attelage pour rompre les gazons chargés de terre qu'il laisse à la surface, qu'il n'en faudrait pour rompre la terre avant le passage de cet extirpateur; les gazons avec leurs racines chargées de terre sont en effet très-difficiles à rompre avec les herses.

Quand on emploie le scarificateur-extirpateur ou la herse-bataille, les mauvaises herbes sont arrachées et amenées à la surface sans que la terre y reste adhérente.

2°. *Les scarificateurs à dents piocheuses ne coupent pas le chiendent en morceaux, mais l'arrachent*; de sorte qu'une partie du chiendent que l'extirpateur ne pourrait atteindre est arraché par le scarificateur piocheur. En nombre de cas, les racines du chiendent sont enlevées de 76 millimètres au-dessous de la pointe des dents, tandis que les larges socs auraient laissé ces racines, parfaitement vivaces, repousser de nouveau.

3°. Comme avec le scarificateur on fait en trois jours ce qui en exige cinq avec l'extirpateur, on peut nettoyer en automne une plus grande surface de chaume avec les mêmes attelages. Cette supériorité est évidente.

4°. *Les scarificateurs ne sont pas exposés à s'engorger* : ils peuvent travailler aisément dans les chaumes les plus sales. On ne peut pas en dire autant des extirpateurs à larges socs ordinaires.

5°. Une portion des mauvaises herbes en chaumes très-sales peut-être dégagée et amenée à la surface débarrassée de la terre en une ou deux fois; et quantité de ces mauvaises herbes peuvent être brûlées (lorsque ce système est préféré) sans que l'on soit dérangé par le roulage de la surface entière; puis on achève lorsque cette façon est terminée.

6°. Il n'est pas aussi nécessaire de rouler après l'emploi du scarificateur-extirpateur, parce qu'il y a très-peu de mottes à briser.

7°. Le prix du remplacement des parties usées du scarificateur-extirpateur est moitié moindre que celui des socs d'extirpateurs.

Quelques personnes peuvent craindre que trois façons au scarificateur-extirpateur ne suffisent pas pour extraire la totalité des mauvaises herbes et dégager le chaume. Cependant, dans ses essais, M. Clay a ordinairement constaté que le second coup de scarificateur-extirparteur, en travers du premier, ne laisse dans le sol aucune quantité appréciable de mauvaises herbes : mais si, comme dans les sols argileux et tenaces, il peut rester quelques doutes sur l'efficacité du nettoyage, on peut donner un coup d'extirpateur à socs larges; et, si ceux-ci doivent être employés, c'est évidemment le moment. On s'assure alors que toute la saleté est extirpée, et la traction nécessaire, à ce moment, pour le passage d'un extirpateur à 7 larges socs n'est pas supérieure à celle qu'eut exigé un extirpateur de 5 et même de trois socs, dans un premier passage. Ainsi, quand l'extirpateur vient en troisième lieu, il peut couper, avec trois chevaux, 1 mètre 371 de large, comme a fait le scarificateur-extirpateur dans les deux premières façons.

Un autre point digne d'attention est la profondeur à laquelle les scarificateurs-extirpateurs doivent atteindre. Elle dépend beaucoup de la nature du sol. Quand celui-ci est difficile, une profondeur de 10 à 13 centimètres paraît suffisante pour tous les emplois de ces instruments, c'est-à-dire pour déterrer les mauvaises herbes telles que le chiendent et autres. Cependant en quelques districts, surtout en terres de marais, le chiendent pénètre même à 25 ou 30 centimètres de profondeur, mais ces cas sont exceptionnels et doivent être traités en conséquence. Il y aurait toutefois un grand déboire à compter qu'un simple écroutement du sol, à 3 ou 5 centimètres d'épaisseur, soit de quelque effet pour déterrer le chiendent ou d'autres mauvaises herbes.

M. Clay fait remarquer qu'alors, au lieu d'extirper et enlever les mauvaises

herbes avec leurs racines, la charrue ou l'extirpateur à larges socs employés font deux morceaux de chaque mauvaise racine ; où croissait alors une mauvaise touffe d'herbe, il en croîtra deux, après une façon si superficielle ; et les mauvaises herbes se multiplieront ainsi d'année en année au lieu de disparaître comme cela a lieu quand on donne avec le scarificateur-extirpateur des façons suffisamment profondes.

On voit, par ces remarques d'un praticien, qu'il est essentiel que l'on adopte, pour ces façons de nettoyage, un scarificateur-extirpateur à *pieds* pouvant être chaussés de pointes *mousses* pour scarifier, de pointes larges ou de socs étroits pour piocher ou essarter, et de larges socs pour compléter le nettoyage.

Il est toujours à désirer que la surface du sol soit assez unie avant d'y mettre le scarificateur-extirpateur, parce que, comme nous le verrons plus loin, la profondeur d'entrure des dents dépend en partie de la position des roues sur la surface, de façon que, sans cette égalité du sol, il est difficile de faire un travail de profondeur uniforme.

Cela n'est pas nécessaire sur les chaumes, mais c'est indispensable au printemps pour passer en travers des bandes de labour d'hiver.

Principes de construction des scarificateurs-extirpateurs. — Les détails que nous venons de donner, sur les travaux de culture que l'on demande à cette catégorie d'instruments agricoles, montrent que le scarificateur extirpateur, ou plutôt le *cultivateur* est destiné à faire des travaux très-variés depuis celui de la charrue, jusqu'à celui d'une forte herse. Le scarificateur-extirpateur est donc, pour ainsi dire, une transition entre la charrue et la herse, en passant par les charrues polysocs et les fouilleuses. Supposons en effet un polysoc composé de cinq, six ou sept petits corps de charrues ou plutôt de butteurs, on aura un instrument capable de faire rapidement les piochages et les déchaumages superficiels. Si ces petits corps de charrues sont faits chacun d'une seule pièce, que leur versoir soit très-restreint en largeur et très-soulevant, le soc étroit et épais, on aura un instrument analogue au scarificateur-extirpateur à fortes dents courbes et larges ; élargissons les socs en supprimant les versoirs, nous aurons un extirpateur ou un déchaumeur.

D'autre part, supposons une herse à dents très-fortes : son châssis doit être très-solide, les dents longues, épaisses et très-courbées, et d'autant plus écartées qu'elles doivent pénétrer plus profondément. Les 24 ou 20 dents d'une herse rigide ordinaire, seront réduites à 11, 9, et même 7. On aura alors le scarificateur proprement dit. Si cet instrument ne doit travailler que sur une largeur très-restreinte, il n'aura que deux ou trois dents, et ce sera la charrue fouilleuse. Ainsi, en raison même de la variété de ses fonctions, le scarificateur-extirpateur, qui mérite le nom de cultivateur, est un instrument qui tient de la charrue et de la herse : aussi est-il aussi difficile de nommer les façons qu'il exécute que de le nommer lui-même.

Les Anglais ont plusieurs mots pour désigner les variétés de cet instrument *Harrows-drag* ou herse-drague : herse forte à dents non tranchantes, terminées en forme de larges ciseaux de menuisier. *Scarifier*, lorsque les dents sont longues, assez minces et fortement courbées. *Grubber*, lorsque les dents sont courbes, épaisses et larges sur toute leur partie travaillante. *Broadshare*, lorsque les parties travaillantes sont de très-larges socs en fer de lance. Les façons s'appellent *scarifying*, *grubbing* et *Broadsharing*.

En France, on donne le nom d'*extirpateurs* à presque toutes les variétés de ce genre d'instruments, quoique cependant on emploie parfois les noms distinctifs suivants :

Scarificateurs, herses-scarificateurs, lorsque les pièces travaillantes se rédui-

sent à de très-fortes dents de herses. *Essarteurs*, *scarificateurs-extirpateurs*, si les dents sont en forme de langue de bœuf, à la façon de celles des herses-Batailles. *Extirpateurs*, si les pièces travaillantes sont de larges socs. Nous avons déjà dit que nous proposons le nom général de *cultivateurs* pour les instruments pouvant à volonté prendre les trois sortes de pièces travaillantes : dents étroites, nues ou armées de pointes mousses, de socs étroits et épais, de socs moyens ou de socs larges et tranchants. Lorsqu'en France, on parle des façons de culture exécutées par ces instruments, on dit : donner un coup de scarificateur, un coup d'extirpateur, scarifier, déchaumer, essarter, etc. Une partie de ces travaux, sinon tous, sont destinés à remplacer des labours, surtout les seconds ou troisièmes; c'est pourquoi nous avons proposé de les appeler du nom général de *quasi-labours*.

Pour étudier avec fruit les divers scarificateurs-extirpateurs, il convient d'abord d'examiner les diverses pièces qui les composent. On en distingue facilement trois sortes : les pièces travaillantes, les pièces de conduite, de direction ou de règlement, et les pièces d'assemblage ou de liaison.

Des conditions générales de construction. — Les premiers scarificateurs dérivaient certainement de la herse : leurs pièces travaillantes étaient des dents plus fortes et plus longues que celles des herses, et souvent aplaties à l'extrémité en forme de ciseaux ou en forme de fer de lance ; de là, le nom de dents donné aux pièces travaillantes des scarificateurs purs.

Dans les extirpateurs, les dents sont remplacées par des pieds, parfois tranchants ou présentant à l'avant une arête, droits ou courbes, chaussés de socs plus ou moins larges. Dans les appareils complets, ces pieds peuvent travailler nus ou armés; par suite, on leur donne la forme de dents, sauf à ne les faire fonctionner qu'armés, à la partie inférieure, de pointes d'acier ou de fonte durcie, de petits sabots (*spuds*), de socs à deux ailes très-épais et non tranchants, de socs de plus en plus larges, minces et tranchants. Le scarificateur-extirpateur doit être muni d'un régulateur permettant de faire varier suivant les cas la profondeur du travail, dans les limites que comportent la forme des dents et le poids de l'instrument tout entier. Des roues peuvent être employées pour régulariser le travail en limitant la profondeur par leur pression sur le sol. Des mancherons, pour diriger l'instrument et le *déterrer*, afin de le faire tourner à chaque bout du champ, ou un *mécanisme* remplaçant les mancherons pour cette dernière opération. Les pièces d'assemblage consistent principalement en un bâti composé de limons (pièces longitudinales, droites ou courbes) et de *traverses*. Les dents se fixent sur les pièces du bâti, directement ou indirectement. Nous n'avons pas besoin d'insister sur les conditions de *solidité* et d'économie de matière, compatible avec cette solidité, et si avantageuse au point de vue d'une *faible traction* et d'un *faible prix de revient*.

Telles sont les conditions générales auxquelles doit satisfaire un bon scarificateur-extirpateur. L'étude des diverses parties nous permettra d'indiquer les moyens de satisfaire à ces diverses conditions.

Des pièces travaillantes. *De la forme des dents en section horizontale.* — Chaque dent d'un *scarificateur* devant *fendre* la terre suivant un plan vertical, en dépensant le moins de force possible, la meilleure forme de la section horizontale de cette dent serait celle d'un coin symétrique aigu. Mais, comme la fente du sol doit être accompagnée d'un certain ameublissement, il faut une épaisseur de dents assez forte pour exercer une compression latérale qui rompe le sol sur toute la profondeur atteinte par la dent. Enfin, comme il ne faut pas *couper* les racines, mais les extraire, et qu'en coupant quelques espèces de

racines, telles que celles du chiendent, on provoquerait leur multiplication au lieu de leur destruction, la forme de coin aigu doit être rejetée. On adoptera donc une forme en coin très ouvert à arête vive, ou plutôt mousse et même arrondie. Cette dernière forme est même préférable à celle qui présente en avant un *chan* plus ou moins large, car il y a ici deux arêtes qui peuvent parfois faire casser les racines avant qu'elles ne soient tout à fait extraites du sol. Comme ces dents sont très-longues, l'aire de leur section transversale au point d'encastrement doit être assez grande, et, à partir de ce point, elle peut aller en diminuant suivant la loi qu'indique la théorie de la résistance des matériaux à la flexion. On peut diminuer seulement l'une des dimensions de la section, ou mieux les deux dimensions simultanément.

Nous renvoyons aux ouvrages spéciaux pour les formules à employer dans le calcul des dimensions de la section d'une dent de scarificateur. Nous dirons seulement que chacune des dents d'un scarificateur peut avoir à supporter un assez grand effort par suite de la rencontre d'une pierre, d'une forte racine de luzerne, etc., et que cet effort maximum peut être estimé à 200 kil., et tout au plus à 250.

De la forme des dents en hauteur ou dans leur plan vertical de symétrie. — Si les dents étaient droites et verticales, elles ne pourraient pénétrer en terre que par l'effet du poids de l'instrument et de la faible inclinaison de la traction ; et même, au moindre obstacle que rencontrerait la dent, elle tendrait à sortir de terre. (Voir notre *Traité sur la herse* et nos articles sur cet instrument dans les annales agronomiques publiées par M. Dehérain.)

En inclinant les dents, il suffira d'un moindre poids, avec une inclinaison donnée de la traction, pour que le scarificateur se maintienne, malgré les obstacles, à la profondeur voulue, et même il pourra tendre à pénétrer de plus en plus profondément jusqu'à ce que les roues arrêtent l'entrure. Mais si, à leur pointe, les dents doivent avoir une faible inclinaison sur l'horizon pour tendre à pénétrer en terre, il faut que cette inclinaison aille en croissant, et de plus en plus vite, pour éviter que les herbes arrachées, encore entourées de terre, s'élèvent jusqu'au bâti et l'engorgent. La partie supérieure de la dent doit même avoir une contre-inclinaison assez forte pour que les herbes qui se sont élevées sur la dent soient forcées de retomber sur le sol. Une déviation de plan vertical favoriserait beaucoup cette chute des herbes extraites, et les dents se nettoieraient ainsi d'elles-mêmes, car les herbes tomberaient à côté des dents et non en avant.

La figure 1 indique les diverses formes de dents que l'on rencontre dans ces instruments, en élévation et en plan. La figure 2 représente la dent se nettoyant elle-même de M. Wilson. Elle est en deux parties soudées ensemble : l'une, la dent travaillante, a la forme d'inclinaison progressive dont nous venons de parler ; puis vers le haut elle se divise transversalement et continue sa courbure à contre-sens de façon que les mauvaises herbes ou les racines sont élevées et rejetées à côté de la dent, sans pouvoir s'élever jusqu'au bâti. La seconde partie est un pied servant à fixer la dent au châssis. Nous proposons une forme de pied-dent, d'une seule partie, représentée par la figure 3, de profil et de face.

Dans la figure 1, A représente en plan et en élévation une très-forte dent de herse ou une dent de scarificateur ; B, une dent à pointe en fer de lance soulevant le sol en le fendant ; C, une dent piocheuse ou essarteuse ; D, un soc d'extirpateur ; E est un pied de *cultivateur* dont la pointe amincie peut recevoir une pointe de fonte durcie ou d'acier F, lorsque l'on veut scarifier ; un soc étroit et épais G, pour piocher ou essarter ; et un soc d'extirpateur H pour finir le nettoyage, comme nous l'avons expliqué précédemment.

Des différentes manières de fixer les dents sur le châssis. — On doit tout d'abord se demander sur quelles pièces du châssis il convient le mieux de *fixer* les dents. Or, dans un châssis on peut toujours distinguer des pièces placées à peu près dans le sens de la longueur, ou exactement suivant la direction du tirage, et des pièces transversales : les premières sont des *limons* ou *longerons*, les secondes des *traverses*. Si l'on place plusieurs dents sur une traverse, celle-ci tend à ployer sous la résistance de la terre contre les dents, et le châssis peut subir une déformation ; il faut alors faire ces traverses très-fortes, en *trousses*, en fer *double* T ou en *tube*, pour qu'elles ne soient pas trop massives, et les multiplier assez pour que chacune ne porte que trois dents environ.

Lorsque les dents sont fixées contre les limons, entre des ergots ou nervures, ou de toute autre façon, la résistance du sol à la traction tend à allonger ces limons qui résistent facilement à ces efforts sans qu'il puisse y avoir une déformation sensible du bâti. On trouve presque autant de scarificateurs à dents fixées sur longerons que sur traverses. La construction peut être bonne dans les deux cas, bien que la seconde manière nous semble préférable. Mais, dans les deux cas, il faut que les tiges des dents soient très-solidement fixées et qu'il n'y ait aucune oscillation de la dent, dans, ou sur la traverse ou le limon qui la porte.

Les modes de fixation des dents sont extrêmement variés. Nous indiquons les principaux dans la figure 4. A représente une dent passant dans une mortaise du limon et retenue par un simple coin; le serrage est insuffisant. B, représente l'assemblage à écrou très-souvent employé dans les scarificateurs ou extirpateurs dérivant des anciens instruments et surtout de la herse-Bataille. Pour que cet assemblage soit suffisant, il faut que l'embase *m n* qui s'appuie sur la face inférieure de la traverse, supposée en bois, soit large et bien ajustée : la résistance du sol *t* contre la dent agit avec un grand bras de levier pour produire en *n*, par l'intermédiaire de l'embase, une très-forte pression *f*. Les oscillations de la dent étant nombreuses et fortes, l'embase et son appui s'usent d'autant plus vite en *m* et *n* que cette embase est plus étroite ; et bientôt il y a du jeu, à moins de renouveler fréquemment le resserrage de l'écrou. On doit aussi goupiller celui-ci pour qu'il ne puisse se désserrer.

C, représente le mode de fixation par écrou des dents du scarificateur-Finlayson; le boulon *a*, soudé en arrière de la dent *b*, passe dans deux traverses parallèles. D, est un mode de fixation employé par la célèbre maison Ransomes de Ipswich pour le scarificateur Biddell. La dent, à sa partie supérieure, est en forme de coulisse; elle passe entre deux traverses en fer cornier *a* et *b*, et y est assujettie par deux boulons à crochet *c c*; on peut donc soulever à volonté les dents suivant le travail à exécuter, E représente une dent en fonte ou en fer à fourche embrassant un limon et retenue par une simple clavette. Cette disposition a été employée dans un beau scarificateur de Morton, Uley ou Ducie. F représente un mode de fixation contre un limon en fonte à ergots. On peut élever plus ou moins ces dents. G est une disposition semblable à A. H représente le mode de fixation des dents de scarificateur de M. Breloux de Nevers. *a a* est une plaque de fonte à nervure embrassant le limon *b* d'un côté, et percée de deux trous pour le passage de l'étrier en double équerre *c*. Celui-ci embrasse la dent en écharpe et est serré par deux écrous derrière la plaque *a a*. I représente un mode de fixation fréquent dans les petits scarificateurs anglais. *a a* représente une double traverse en fer plat solidement vissée aux limons. Une pièce en fer plat *c c*, recourbée deux fois d'équerre, s'appuie sur la traverse et embrasse la dent *e*; celle-ci est enfilée dans l'anneau *b* portant une queue filetée qui traverse *c* et est serrée par un écrou. On peut soulever plus ou moins cette dent avec une grande précision. J est un mode de fixation dans une mor-

taise du limon adopté dans le célèbre scarificateur de Coleman. K est un perfectionnement du mode de fixation G.

Ensemble de scarificateurs-extirpateurs. — Nous avons déjà donné dans notre volume de *Génie rural* (1857), un assez grand nombre de dessins d'ensemble de scarificateurs: nous ne les reproduirons pas ici. Il suffira d'y ajouter quelques nouveaux systèmes pour avoir une idée nette de ce précieux genre d'instruments de préparation du sol.

La fig. 5, représente un scarificateur très-simple, fabriqué par M. Ransome-d'Ipswich, et destiné à la petite culture : les 5 dents sont fixées suivant le mode I, de la fig. 4. Une roulette à l'avant permet de limiter la profondeur, deux mancherons permettent de diriger l'instrument en le faisant mordre au besoin, en appuyant fortement sur ces mancherons; ou de le déterrer, en le soulevant fortement par les mancherons pendant les tournées. En A, est une clé à marteau qui permet de régler la longueur des dents en dessous du bâti.

M. Meugniot de Dijon fait un petit scarificateur à 7 dents, assez simple et peu coûteux, bien qu'il soit d'un bon emploi Les dents (fig. 6), sont fixées sur les deux traverses d'un bâti trapézoïdal en fer consolidé par un age en bois soutenu à l'avant par une petite roue. Chaque dent passe dans les mortaises de la pièce BB, et se trouve fixée de hauteur par une embase en dessous de B, et une cheville en dessus. La vis A, étant desserrée, on peut faire glisser B et la dent qu'elle porte jusqu'à ce qu'elle soit à la distance voulue; puis on serre la vis qui s'appuyant contre la traverse B, attire la dent et la presse assez fortement pour qu'elle ne puisse se déplacer. La tringle double, D, reçoit le palonnier des chevaux; elle s'articule en E sur l'age et peut être plus ou moins abaissée par rapport à cet age et fixée en place par une cheville, ce qui règle l'inclinaison de la traction : en élevant plus ou moins la roue, on limite la profondeur à volonté. Avec sept dents en pattes d'oie et sans roue, il coûte 70 fr.; avec la roue, 80 francs.

La fig. 7 représente un scarificateur simple de Howard, tout en fer forgé, à l'exception des quatre roues. Les dents sont fixées à peu près comme dans le précédent, sans l'embase ni la cheville. On peut donc ici allonger ou raccourcir la portion des dents qui dépasse le bâti. Les roues peuvent aussi être plus ou moins élevées. Les deux roues antérieures pivotent autour de la cheville ouvrière qui est à la pointe du bâti.

MM. Howard font actuellement des herses-scarificateurs très-ingénieuses, où le déterrage se fait en partie par la force du cheval. Elles sont très-recommandables, on les trouve chez M. Pilter et ses représentants. M. Guilleux, à Segré (M.-et-L.), fait un genre de scarificateur extirpateur, assez prisé des cultivateurs bien qu'il ne satisfasse pas à toutes les conditions que nous avons reconnues utiles. Le bâti est en bois et de forme triangulaire (fig. 8). Il est porté à l'avant par un avant-train pivotant en bas de la tringle de réglement A ; en arrière, par deux roues ayant un essieu commun et pouvant être plus ou moins élevées directement à la main et maintenues à la hauteur voulue par une cheville.

Les dents ont une forme semblable à celles de l'ancienne herse Bataille, elles sont fixées dans les traverses, aux points où celles-ci croisent les limons, par un écrou et des contre-forts fixés dans les limons, consolidant parfaitement ces dents. L'entrure ne se règle que par l'élévation convenable des roues. Le modèle à cinq dents sans contre-forts coûte 100 francs. Celui de 7 dents sans contre-forts coûte 120 francs, et avec contre-forts et bâti renforcé 120 francs.

M. Guiraud fils, fait un extirpateur destiné spécialement aux luzernières (fig. 9). L'age D repose en avant sur le joug d'une paire de bœufs, et, en arrière sur la roulette G. Le bâti, suspendu en B à l'age, repose à l'arrière, sur 2 roues HH,

dont les fusées sont à l'extrémité des tiges I I, normales, à un même essieu sur lequel est fixé le grand levier de déterrage C. Pour régler l'entrure, on pousse plus ou moins en avant le haut du levier C, et on le maintient à l'inclinaison voulue par une cheville traversant l'arc E. Les roues d'arrière sont ainsi plus ou moins soulevées; ce qui permet aux dents de pénétrer en terre autant que cela est désirable. A l'avant, la vis A permet de régler la hauteur de la roue, et la vis B, de régler le bâti de façon que les dents pénètrent également à l'avant comme à l'arrière. Pour déterrer aux bouts du champ, il suffit d'appuyer fortement sur le levier C et de l'abaisser. Alors les roues H ont leur tige verticale et les dents sont hors de terre.

M. Guiraud a inventé cet instrument pour nettoyer les luzernières de l'herbe et des plantes parasites qui les envahissent. Ce constructeur en fait deux modèles: le n° 1, coûte 150 francs, et le n° 2, 130 francs pris à Castelnaudary.

L'ancienne maison Vilcocq de Meaux fabrique un scarificateur extirpateur présentant la plupart des perfectionnements désirables (fig. 10). Le bâti est en bois et de forme triangulaire ; les dents sont fixées dans les limons à l'aide d'une embase en dessous et d'un écrou en dessus.

Le bâti repose à l'avant indirectement sur un avant-train pivotant dans une douille de ce bâti: en effet, le point B, axe du levier, B C, est un point fixe sur l'avant-train. En soulevant le levier C, on soulève l'avant du bâti par la tringle ou bielle A, articulé sur ce bâti. Pour déterrer l'arrière, on appuie sur les deux leviers indépendants D D qui, pressant les roues E E contre le sol invariable, forcent le bâti à se soulever. En réglant la position du levier C sur l'arc percé de trous qui le guide, et de même pour les leviers D D, on règle à volonté l'entrure, même quand le sol est en pente ou qu'une des roues d'arrière doit passer dans une dérayure. Les modèles sont cotés 175 à 275 francs.

M. Meugniot fait un scarificateur tout en fer représenté par la fig. 11. Les dents sont fixées sur trois traverses suivant le mode déjà indiqué fig. 6. A l'arrière, un levier A est fixé solidement sur un arbre rotatif C, dont les extrémités, courbées d'équerre, D portent les fusées des roues E. Dans la position qu'il occupe sur la fig. 11, le levier A est au plus bas et les barres D étant verticales les roues tiennent le bâti assez soulevé, pour que toutes les dents soient hors terre: en soulevant plus ou moins ce levier et le maintenant en position par une cheville dans l'arc B, on fait piquer les dents en terre à volonté de l'arrière. On complète ce réglement d'entrure pour l'avant en faisant tourner la manivelle F, qui soulève l'avant du bâti. Avec 9 dents et 3 roues, ce scarificateur coûte 250 francs. M. Hy. Denton, fait un scarificateur à dents en ciseaux larges, dont le mécanisme de déterrage et de réglement est assez ingénieux (fig. 12). L'avant du bâti se termine en douille A, glissant aisément sur l'axe pivotant vertical B de l'avant-train : ce châssis est supporté par les chaînes C, attachées en D solidement, et passant sous des poulies à gorge E, dont la chappe est articulée sur l'avant du bâti. Le second bout des chaînes est accrochée à une tringle qui s'articule en G sur le levier F G solidement fixé sur l'essieu coudé des deux roues d'arrière. Si l'on abaisse le levier F, les roues pressent fortement sur le sol qui réagit et soulève l'arrière du bâti. Mais en G, le levier F attire la tringle et par suite les chaînes C, qui soulèvent la poulie E, et par suite l'avant du bâti. En relevant le levier plus ou moins et le maintenant par une cheville dans l'arc I, on règle donc l'entrure des dents, d'un seul coup à l'avant comme à l'arrière. Le palonnier des chevaux s'accroche en J sur une chaîne à tringles K K, qui tirent directement le bâti. Mais la saillie L entraîne l'avant-train dans les tournées. Le scarificateur-extirpateur de M. Breloux, de Nevers, (fig. 13), présente un mécanisme de déterrage ayant quelque ressemblance avec le précédent. Le levier coudé en équerre A B C a son point fixe en A, sur le haut du

pivot de l'avant-train. En B, ce levier supporte l'avant du bâti par la tringle en fourche I double. En C, le levier d'avant se relie par la tringle articulée CD, au levier d'arrière ou de déterrage E. Ce levier est solidement fixé sur l'essieu coudé GG qui porte les fusées des roues HH. Lorsque l'on abaisse le levier E, les roues H pressent le sol qui réagit et soulève l'arrière du bâti: en même temps, la tringle DC, soulève les points C et B du levier d'avant tournant, autour du point fixe A : donc le point B s'élève en entraînant la tringle I, et l'avant du bâti. En abaissant plus ou moins le levier E, et le maintenant en position par une cheville passant dans l'arc F, on règle l'entrure également pour toutes les dents.

Le scarificateur de Coleman (fig. 14), est célèbre depuis fort longtemps. Ses pieds, au nombre de 7 dans la figure, peuvent être armés à l'avant de pointes mousses, de petits socs étroits et épais, ou de larges socs minces et tranchants: Chacun de ces pieds est fixé contre un limon dans une fausse mortaise et peut tourner autour d'un boulon-axe passant dans un des trois trous percés dans la dent. Un tube en fonte A, formant traverse, peut tourner sur son axe. Le levier de déterrage B est solidement fixé sur cet arbre, qui porte, en outre, autant d'oreilles saillantes, telles que C, qu'il y a de dents. Ces oreilles sont reliées par des bielles articulées aux têtes des dents DD. De sorte que si l'on abaisse le levier B, les bielles EE attirent le haut des dents dont la pointe s'élève et sort de terre. En soulevant plus ou moins le levier B, et le maintenant à la position voulue par une cheville passant dans l'arc de réglement G, on règle l'entrure des dents, à la condition toutefois que les roues d'arrière soient convenablement soulevées par leurs leviers spéciaux indépendants HH, qui permettent de maintenir une entrure uniforme pour toutes les dents, même en sol en pente ou à dérayures. L'avant-train est réduit à une roue portée par une fourche dont le haut pivote dans l'avant du bâti. On attache le palonnier des chevaux en K, et l'on règle la traction en accrochant la barre percée de trous J, en un des trous de la pièce I, tournant autour de l'axe de la roue. Celle-ci est entraînée par les chevaux pour opérer et faciliter les tournées à chaque bout de champ.

MM. Coleman et Morton, ont plusieurs modèles de cet excellent instrument qui mérite sa réputation universelle.

Nous terminerons cette revue succinte de l'ensemble de ce genre d'instruments par l'examen du scarificateur-extirpateur perfectionné de M. Clay (fig. 15). Les dents, au nombre de cinq dans la figure, sont fixées d'une manière très-simple, sur deux traverses en fer carré, pouvant tourner autour de leur axe entre les limons du bâti. Sur ces traverses, sont fixées très-solidement des barres saillantes A et B reliées entr'elles par une tringle articulée C, et au levier de déterrage E par la tringle D. Si l'on pousse le haut de levier E vers l'avant, les tringles D et C poussent en avant aussi le haut des barres A et B, solidaires des traverses; celles-ci tournent donc de façon que les pointes des dents reculent; le tirage des chevaux continuant, la réaction de la terre contre les dents aide celles-ci à reculer et à se déterrer. Le conducteur de l'instrument n'a donc qu'à commencer le déterrage, en dégageant le levier de son arrêt.

Du reste, chacune des trois roues qui supportent le bâti peut être plus ou moins soulevée indépendamment des deux autres; ce qui permet le réglement de l'entrure dans tous les cas; sols en pente, pièces à dérayures, etc. La roue formant l'avant-train pivote autour d'un axe vertical passant dans une douille formant l'extrémité antérieure du châssis. Il y a deux crochets d'attelage pour les divers cas et suivant le degré d'entrure que l'on veut obtenir.

GRANDVOINNET.

GÉNIE CIVIL

LA CONSTRUCTION

OUTILLAGE ET PROCÉDÉS DES DIFFÉRENTS CORPS D'ÉTAT

PAR

M. François HUSSON, CONSTRUCTEUR

PREMIÈRE PARTIE.

SOMMAIRE

1re Partie : I. *Notice historique :* Les outils et les procédés d'état dans l'antiquité : Outils primitifs, instruments de travail des peuples anciens. — La fabrication de la brique en Égypte. — La charpente chez les Égyptiens, chez les Grecs. — Le maçon, le charpentier, le serrurier et les autres artisans-constructeurs d'autrefois. — Les chaussées romaines, la couverture des édifices, les décorations diverses dans les temps reculés, etc., etc. — II. *Du moyen âge à nos jours :* Outillage, instruments et engins de construction employés jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. — Procédés d'état : L'appareil, les échafauds, les plans inclinés, etc. — Les enduits, le plâtre. — Les premières cheminées. — Les carrelages. — La charpente, la menuiserie, la serrurerie. — Chaînage des bâtiments, les travaux de forge, l'estampage, le repoussage. — La couverture en ardoises, tuiles, plomb, cuivre, dalles. — Le pavage : Les premières villes pavées, etc. — La peinture : Emploi des couleurs. — La vitrerie, la décoration, la verrerie, la dorure, les papiers peints. — 2e Partie : III. *Epoque actuelle :* Outillage et engins nouveaux de la terrasse et de la maçonnerie; machines à dresser la pierre. — Outillages du menuisier, du serrurier, du charpentier en bois. — Procédés d'état divers. — La céramique du bâtiment. — Couvertures en tuiles, ardoises, tôle, zinc; les chéneaux; le papier et le carton fabriqués pour les toitures. — Le plombier. — Le peintre : Peintures économiques, anti-nitreuses, les silicates. — Le vitrier. — Le miroitier, les glaces. — La conservation des bois d'industrie. — IV. Le Génie civil à l'exposition de 1878 : Ouvrages, outils, machines exposés : 1° dans les pavillons du Trocadéro; 2° dans les pavillons dit de Magdebourg; 3° dans le parc du Trocadéro; 4° dans le palais du Champ-de-Mars et ses annexes.

PRÉLIMINAIRES.

Les divers matériels de la construction et ses procédés d'état, résultats d'efforts constants, et fruits d'une expérience de longs siècles de civilisation, sont tellement considérables, ils tendent si bien à s'accroître encore tous les jours, que le lecteur comprendra que dans le travail suivant, il nous sera impossible d'en passer tous les objets et toutes les conceptions en revue. Nous nous bornerons donc à décrire les choses les plus intéressantes en les rattachant aux créations modernes les plus en usage dans la pratique.

Le matériel de l'entreprise de la construction se compose : 1° Des instruments plus ou moins ingénieux dont les arts se servent pour faire des opérations délicates, ou pour exécuter des ouvrages qui exigent l'emploi de forces supérieures à celles de l'homme : telles sont ces machines qui, mises en action

sur nos chantiers et dans nos ateliers, font un travail complet par elles-mêmes. Ces instruments rendent encore d'autres services, parmi lesquels nous placerons en première ligne la rapidité de la production, et comme conséquence, la fabrication à bon marché; 2° Des outils proprement dits, qui sont, en quelque sorte, le supplément de la main de l'ouvrier, et qui en suivent l'impulsion. Les instruments sont des résultats de la science acquise; c'est au moyen de leur degré de perfection que l'on se rend compte de l'avancement d'un peuple dans les arts. L'outil, qui ne manque pas certainement d'une grande valeur, a beaucoup plus d'ancienneté que l'instrument : les premiers besoins de l'homme en créèrent un nombre d'abord restreint, puis infini. Quant aux procédés des métiers, nous aurons soin de nous arrêter sur les plus curieux, de décrire ceux qui nous paraîtront le plus remarquables.

I. — Notice historique.

Les outils et les procédés d'état dans l'antiquité. — Il est certain que les hommes primitifs eurent peu d'outils, la hache est peut-être le premier qu'ils inventèrent. Non-seulement cet outil relativement puissant est connu de toute antiquité, mais encore on l'a trouvé en usage chez les peuples les plus barbares. Les premières haches, on le sait, (et on peut s'en rendre compte, *de visu*, dans les galeries de l'art rétrospectif du Trocadéro, ainsi qu'à l'exposition anthropologique), étaient fabriquées avec des morceaux de silex ou d'autres pierres dures. Ces outils imparfaits étaient enchassés dans des manches informes; on en a rencontré de très-grandes quantités dans les *tumuli* ou sépultures des premiers *Gaulois*.

Les outils primitifs se retrouvent encore chez les peuples océaniens. Ils ont à peu de chose près, les mêmes formes que ceux que l'on a découverts en Europe, et qui appartiennent aux époques préhistoriques. Du reste, les peuples sauvages peuvent être considérés comme des espèces de témoins de l'une des périodes de l'existence de nos propres ancêtres. Quand on retrouve, dans le sol de nos pays civilisés, des vestiges d'une race pourvue d'instruments analogues à ceux que ces peuples possèdent, il est légitime de conclure que la vie des êtres de cette race disparue devait être semblable à celle des sauvages qui nous sont contemporains, que leurs procédés industriels étaient identiques, c'est-à-dire que leurs ressources étaient tout aussi bornées.

Outillage primitif. — L'industrie exercée par nos premiers pères était restreinte; mais aussi leurs besoins étaient peu nombreux. Les outils dont ils se servaient étaient grossiers et incomplets. Ils ne pouvaient guère leur rendre d'autre service que de couper des arbres d'un diamètre réduit, et de les enfoncer dans le terrain, afin d'en composer les parois de leurs demeures. Ces outils de pierre étaient en même temps que des instruments industriels, des armes de défense et des ustensiles de ménage. Les plus commodes de ces engins à tout faire, étaient percés d'un trou au milieu de leur masse compacte; c'était une ouverture naturelle qui permettait une facile adaptation du manche. Une pierre ainsi perforée devait être regardée par l'homme des premiers temps, comme un véritable trésor, et sa trouvaille considérée comme un gros événement.

Les haches métalliques que l'on a mises au jour en pratiquant des fouilles sur divers points de l'Europe, appartiennent à des époques beaucoup moins éloignées, elles sont généralement en bronze. Leur composition et leurs formes indiquent tout naturellement un grand progrès accompli dans les arts.

Parmi les outils servant à partager et à découper le bois, qui a été certainement l'un des premiers matériaux de construction employés, la scie, qui est certainement de création moins ancienne que la hache, fit cependant son apparition de très-bonne heure. Le musée britannique possède une scie égyptienne. Cet outil remonte à la plus haute antiquité ; il ressemble tout à fait à la *scie à main* moderne, c'est-à-dire qu'il se compose d'une lame dentée, emmanchée. Cette lame est arrondie à son extrémité ; le manche est ingénieusement cintré pour être *mieux en main*.

Les Grecs, peuple relativement moderne, attribuaient l'invention de la scie à Dédale, célèbre mécanicien et statuaire qui n'a jamais existé que dans leur imagination. Si l'on en croyait les récits merveilleux de ces peuples, le même personnage fabuleux aurait découvert aussi le vilebrequin, le niveau, etc. Quoiqu'il en soit, les anciens connaissaient plusieurs espèces de scies encore en usage aujourd'hui : une peinture découverte à Herculanum nous fait voir deux génies se servant, à la manière de nos ouvriers actuels, de la scie du scieur de long. On a encore trouvé, représentée sur un tombeau antique, l'image d'une scie tout à fait semblable à celle de nos scieurs de bois de chauffage. Enfin la scie à lame non dentée qui sert à diviser les pierres n'était nullement inconnue des Grecs et des Romains.

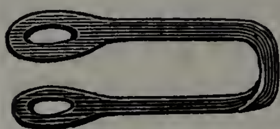
Parmi les peuples qui ont possédé, en premier lieu, des outils relativement perfectionnés, il faut citer tout d'abord les Chinois, et surtout les Egyptiens qui nous sont maintenant plus connus, et dont l'existence civilisée remonte à des temps fabuleux d'antiquité. Les grands travaux qu'exécuta ce dernier peuple sur les bords du Nil, et dont il nous reste des monuments précieux, exigèrent, sans aucun doute, un outillage complet et jusqu'à des moyens puissants de transport, puisqu'il s'agissait d'amener de très-lourds matériaux sur les chantiers de construction.

En dehors de la hache et de la scie, les outils qui furent d'abord les mieux connus de l'antiquité civilisée la plus reculée, étaient destinés à travailler la pierre. En Egypte, les nombreuses carrières des bords du Nil fournissaient en quantité d'excellents matériaux. Aussi le travail de la maçonnerie était-il très-habilement exécuté, avec une solidité remarquable. Quant à la charpente et à la menuiserie, ces arts étaient dans un état d'avancement considérable ; nous en avons la preuve sous les yeux, dans la galerie rétrospective étrangère de l'exposition actuelle. L'illustre Mariette-Bey nous a envoyé, pour nous faire connaître l'état de la civilisation égyptienne d'il y a environ six mille ans, des tableaux merveilleux qui ne sont autre chose que les reproductions de bas-reliefs trouvés par lui dans les tombeaux de Saccarah, nécropole de Memphis. Le temps qui détruit tout a cependant respecté ces ouvrages, bien antérieurs à nos époques historiques, comme on le voit, et grâce à l'infatigable savant que nous venons de nommer, les menuisiers et les charpentiers égyptiens qui vivaient il y a soixante siècles, nous apparaissent, pratiquant leur métier. Les uns taillent et découpent les bois, les autres en font des navires, des meubles, des coffres ; ces ouvriers ont en main la scie à couteau, le maillet ou plutôt une sorte de battoir, des marteaux à longs manches, des ciseaux enmanchés, des coignées aux formes bizarres, etc., etc. Les caractères hyérogliphiques qui entourent ces curieux personnages représentent souvent les outils de leurs métiers, les divers nœuds des cordages, des sortes de brides en fer (fig. 1) qui étaient évidemment des pièces de serrage, etc.

Dans la salle qui a reçu ces tableaux d'une valeur sans pareille au point de vue de l'art industriel, le public connaisseur trouve encore à admirer trois panneaux en boiserie, chef-d'œuvres antiques de sculpture égyptienne représentant des artisans des mêmes époques, tenant en main leurs outils dont il

nous est difficile de donner la destination, mais qui nous ont semblé être des instruments destinés à l'art de construire.

Nous trouvons, dans le beau livre intitulé : Dictionnaire des antiquités (par A. Richs), un dessin représentant une peinture découverte sur les murs d'un tombeau à Thèbes. Cette peinture représente tous les procédés de la fabrication des briques en Égypte, depuis le piochage des terres grasses, le chargement dans les paniers, la mise en forme de ces espèces de pierres artificielles (car la brique n'est pas autre chose), fort employés dans ce pays, aussi bien que dans la Perse, la Syrie, la Mésopotamie, etc., jusqu'à leur transport par des esclaves au moyen de jougs, petites pièces de bois semblables à celles dont se servaient, il n'y a pas longtemps encore, nos porteurs d'eau des villes, et au bout desquels, on voit, dans cette image antique, des liens ou cordes qui attachent les briques.


Fig. 1. — Pièce de serrage égyptienne.

La division du travail chez les Romains était aussi constituée : les terrassiers (*dolobrarii*), les maçons comprenant les *structores*, les *arcuarii* ou faiseurs de voutes, les *pariétarii* ou faiseurs de cloisons, les *tectores* ou enduiseurs, les *cementarii* ou cimentiers, les *albarii* ou stucateurs et plâtriers, les *silicarii* et *quadratarii* ou tailleurs de pierre. Les autres corps de métier du bâtiment étaient les scieurs de long (*sectores materiarum*), les charpentiers (*tignarii*), les menuisiers (*lignarii*), etc., etc.

La maçonnerie. — Nous aurions beaucoup à dire sur l'état de la maçonnerie, chez les peuples anciens, mais ce sujet a été traité bien des fois, et par des plumes habiles. De plus, nous ne voulons faire ici aucunement un traité de construction, mais bien une sorte d'avant-propos nécessaire à l'intelligence de nos études. Nous ne pouvons donc, à notre tour, faire une description complète de la maçonnerie chez les Romains ; nous ne nous attacherons qu'aux choses les plus saillantes, aux remarques les plus curieuses. Nous savons que ce dernier peuple connaissait à peu près la science de l'appareil ; tout ce qui touche à la construction était chez eux dans un état très-avancé, ainsi que le prouve l'œuvre de Vitruve, dédiée à Auguste, dans lequel le célèbre architecte traite non-seulement de l'architecture, mais aussi (dans les IX[e] et X[e] livres), de la mécanique, de l'hydraulique, et de la gnonomique (art de tracer les cadrans solaires, lunaires ou astraux).

Parmi les particularités curieuses que nous avons découvertes, en ce qui concerne la maçonnerie romaine, nous citerons un procédé de construction des plus étranges et dont on a retrouvé des traces dans les départements de la Creuse, de l'Orne, de la Mayenne, des Côtes du Nord. Nous voulons parler des murs vitrifiés, construits dans les Gaules, lors de l'occupation romaine. Ces murs sont composés de masses de granit, plus ou moins bien appareillés ; ils ont jusqu'à quatre mètres d'épaisseur, et sont soudés au moyen de la fusion, non-seulement sur les parements extérieurs, mais jusqu'à une certaine profondeur, dans la masse de la muraille.

La charpente. — Les Grecs bâtirent d'abord leurs habitations avec le produit de leurs forêts. Ils furent, en conséquence, tout de suite d'habiles charpentiers. Il nous est resté, de ce peuple, des échantillons de son savoir dans ce métier. Leurs combles d'édifices étaient généralement composés de fermes exactement établies comme nous le faisons encore aujourd'hui. Chacune de ces fermes était donc composée de deux arbalétriers, d'un poinçon, d'une contre-fiche (ou *capreolus*). Des cours de pannes, parmi lesquelles celle du faîtage, réunissaient les fermes, qui reposaient sur un entrait, lequel s'appuyait lui-même sur des plates-formes ou poutres d'architrave. Enfin des chevrons (ou *asseres*), placés comme les nôtres, dépassaient le nu de la muraille, afin de rejeter les eaux à une certaine distance.

Néanmoins ce sont les Romains seuls qui donnèrent vraiment de l'extension au métier du charpentier et qui en firent un art à peu près complet, et comme leurs édifices atteignirent en général de grandes proportions, la charpente dût être étudiée à fond par ce peuple créateur. Bientôt elle acquit une grande perfection pour l'époque, et le moyen-âge qui vit apparaître tant de monuments religieux ne fit que copier, pour la construction de leurs combles, les fermes et les ajustements des ouvriers romains.

Puisque nous en sommes au charpentier, dans cette revue rapide de l'histoire de l'outillage dans les temps anciens, nous ferons remarquer qu'il est impossible à cet art, de se passer des connaissances géométriques. Cet artisan n'a jamais marché sans son compas, image allégorique de cette belle science si féconde en résultats théoriques et pratiques, qui fut encore imaginée par les Égyptiens, chez qui elle est née de la nécessité de retrouver les surfaces de leurs terres, après chacune des inondations périodiques du Nil. L'invention du compas est dûe, suivant les Grecs, à Talaüs, neveu de Dédale, qui avait inventé aussi l'équerre suivant eux, mais on vient de voir que l'origine du premier de ces instruments est de beaucoup plus ancienne. Les Romains connaissaient plusieurs espèces de compas, parmi lesquelles on remarque le compas de proportion, instrument ingénieux que l'on retrouve dans nos boîtes de mathématiques.

Procédés de montage, de transport, etc. — On se demande souvent comment les anciens s'y prenaient pour soulever les masses énormes qui entraient dans leurs systèmes de construction. Nous voyons que les Grecs, très-avancés, du reste dans la connaissance des arts mécaniques, savaient parfaitement se servir du coin, de la vis, des plans inclinés, des rouleaux, enfin qu'ils faisaient mouvoir habilemant des poutres servant de bascules. C'est dans ce pays qu'Archimède, qui florissait au milieu du IIIe siècle avant notre ère, avait inventé le levier droit. Pour la construction des bâtiments, on se servait du moyen de montage suivant : d'échafauds en échafauds, et au moyen de treuils et de poulies, on élevait, jusqu'au faite, les lourds blocs de pierre, façonnés par le ciseau en corniches, en architraves, en fûts et chapiteaux de colonnes. C'est ainsi qu'arrivaient à leurs places respectives tous les matériaux de l'édifice. Remarquons en passant, que la pierre était taillée d'avance, avec tous les refouillements qu'exigeaient ses moulures et même ses sculptures ainsi qu'on le fait encore dans beaucoup de nos provinces, où le ravalement comme on le pratique à Paris, est une chose inconnue.

La grue ne fut inventée que beaucoup plus tard. Encore n'existait-elle pas du temps de Thucydides (450 av. J. C.). Puis vinrent les matures et les sapines avec plusieurs séries des moufles. Les peuples qui habitaient les contrées couvertes de forêts, n'avaient guère besoin, pour soulever et monter leurs fardeaux, que de la force de leurs bras. Quant aux Égyptiens, leurs monuments étaient souvent construits avec des briques cuites au soleil. Rien n'était plus facile à transporter par le moyen que nous avons indiqué.

Les Romains connaissaient une grande quantité de nos outils, ils ont été retrouvés en nature dans les fouilles ou représentés en bas reliefs sur les tombeaux ou les stèles, sur les monuments publics, sur les médailles, les décorations de poteries, enfin dans les descriptions qu'en ont faites les anciens auteurs. C'est ainsi que l'on voit les terrassiers se servir du *bipalium*, outil qui ressemblait beaucoup à la bèche de nos jardiniers, mais dont le manche portait une petite traverse disposée au-dessus du fer, on y appuyait le pied. On employait encore dans ces temps éloignés des *ascia*, dont l'un ressemblait à l'herminette de nos charpentiers, un autre était, à peu de chose près, le marteau du paveur actuel. Les houes, les pics, les pioches, affectaient des formes

variées très-nombreuses. Les épuisements s'opéraient à l'aide de la vis d'Archimède, des norias, des roues à aubes.

Le tailleur de pierre connaissait le tètue, le poinçon, le ciseau, la ripe; l'appareilleur avait la règle, la sauterelle, des règles en plomb pour prendre les empreintes des contours. Le menuisier se servait du maillet, de la scie à main, du rabot, des tarières, du ciseau, de la râpe, des bouvets, de l'herminette. Le serrurier avait la lime, la forge, l'enclume, les marteaux à main et à devant, le soufflet, etc. L'acier étant inconnu, la plupart de ces outils étaient en bronze durci par la trempe.

Les engins de transport se composaient de chariots de diverses grandeurs, à deux ou quatre roues, traînés souvent par une grande quantité de chevaux. Nous avons vu, dans une autre étude (1), que l'art du serrurier se perd dans la nuit des temps. Il est présumable que le marteau fut son premier outil. Des pierres résistantes lui servirent d'enclume. Nous avons parlé, dans le travail que nous venons d'indiquer, d'une pierre sculptée, d'origine gauloise, découverte sous le chœur de notre Dame de Paris. Vulcain y est représenté tenant d'une main un marteau, et de l'autre des tenailles de forgeron. Un bas relief romain nous a donné l'image d'un marteau dont la tête en bois est cerclée de fer, et d'un maillet ressemblant beaucoup à ceux que nous employons encore (fig. 2 et 3).

Pline l'Ancien, dans son Histoire naturelle (2), nous donne la description du

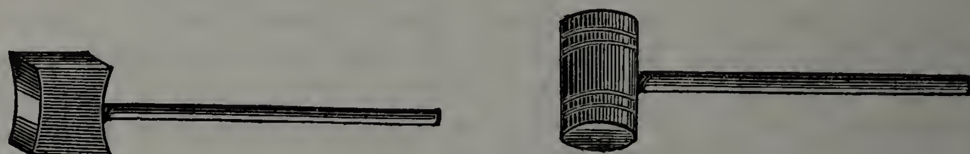


Fig. 2 et 3. — Marteaux romains.

niveau tel que nous le connaissons, et dont nos ouvriers se servent à chaque instant. Les Romains connaissaient encore la meule à aiguiser qui n'a, pour ainsi dire, pas changé de forme. L'équerre à chapeau leur était aussi connue. Les objets fabriqués avec le fer, dans ces temps antiques, n'étaient guère que forgés, et leurs dimensions étaient relativement considérables. Lorsque le serrurier romain de ces époques éloignées voulait produire une pièce moins importante, il avait recours à la fonte, et c'est alors le bronze qui, généralement, et comme pour les outils, remplaçait le fer.

La menuiserie. —Quoique le fait paraisse paradoxal à première vue, l'art de la menuiserie est peut-être moins ancien que celui du serrurier, qui fut d'abord un fabricant d'objets disparates; cependant les portes destinées à fermer les maisons particulières et les édifices apparurent de bonne heure.

Chez les Grecs, les portes s'ouvraient en dehors; par suite de cette disposition bizarre, on était obligé de prendre la précaution de frapper un coup avant de sortir de la maison, afin d'avertir les passants, de peur qu'ils ne se heurtassent à ces portes au moment où elles livraient passage à la personne qui allait mettre le pied dans la rue. Les Romains, en gens mieux avisés sous ce rapport, ouvraient leurs portes en dedans.

Nous avons vu que le menuisier existait donc dans les temps antiques. Mais il ne ressemblait guère à l'ouvrier que nous connaissons aujourd'hui. Ses outils principaux, dont nous avons fait l'énumération peu nombreuse étaient grossiers;

(1) La serrurerie et ses objets d'art. T. IV, p. 30.
(2) VII, 57.

c'était en un mot, un charpentier qui était chargé tout spécialement de la confection et de la mise en place des *menus* ouvrages de bois.

Quant l'homme eut à sa disposition des outils de métal mieux disposés pour fendre, équarrir et diviser facilement et régulièrement les bois, le menuisier vit son métier prendre beaucoup plus d'importance. Les ruines d'Herculanum et de Pompeï ont fait voir des ouvrages de menuiserie très-bien exécutés avec différentes espèces de bois. A Rome, les portes ordinaires étaient décorées de panneaux, les chambranles étaient quelquefois en menuiserie.

En dehors de certains meubles fort riches et incrustés soigneusement que nous ne décrirons pas, car ils appartiennent plutôt à l'ébénisterie qu'à l'art des menuisiers, les Romains et les Grecs avaient des armoires pour serrer leurs vêtements, des cassettes qui leur servaient à serrer leurs bijoux et leur argent.

Les planchers des maisons de ces peuples, étaient fort souvent composés de mosaïques en bois de diverses couleurs. Ces parquets leur étaient venus de la Perse; ils formaient comme des peintures admirables sur le sol des appartements; ainsi était la chambre que fit construire Hieron II roi de Syracuse, et qui représentait toute l'Iliade, ou celle du temple de la fortune à Preneste, où était dessinée une carte géographique de l'Égypte. Les anciens avaient encore des lambris qui ornaient les parois de leurs demeures, et des compartiments en bois dans leurs plafonds.

Pour obtenir tous ces travaux, il fallait que l'art du menuisier eut accompli de rapides progrès, et qu'il fût alors presque aussi avancé que chez les modernes. L'exécution des ouvrages que nous venons d'énumérer suppose évidemment la connaissance du rabot et d'une infinité d'autres outils ingénieusement combinés.

Le verre. — L'usage du verre en feuilles semble, de premier abord, avoir été inconnu aux anciens (1). Ils se servaient, pour donner du jour dans l'intérieur de leurs maisons, et se défendre des injures de l'air, d'albâtre translucide, de talc, ou de panneaux de corne très-minces fixés au moyen de clous sur les bois. Cependant, on a trouvé, dans les fouilles d'Herculanum et de Pompeï, des fenêtres garnies de verres, mais l'usage devait en être fort peu répandu. On employait encore pour cet usage jusqu'au IIIe siècle après J.-C. des feuilles à demi transparentes de sulfate de chaux.

Dans des temps plus reculés, les Assyriens, disent quelques archéologues, se servaient de peaux d'animaux marins préparées très-minces, en guise de vitres.

Ce n'est qu'à partir de cette première époque (d'après les ouvrages de saint Jérôme, et les études de M. J. Gérardin), que le verre a été employé pour servir de vitrage; il était déjà très-répandu au VIe siècle.

La peinture. — Les anciens connaissaient parfaitement la peinture sur verre, c'est-à-dire l'art de le décorer par le moyen de l'application des couleurs vitrifiables. Des colonnes et des statues de verre coloré se voyaient dans leurs temples. Les Romains en faisaient des ouvrages de mosaïque enchassées dans des bijoux. Ils paraissent aussi avoir très-fréquemment appliqué le verre coloré à la décoration des plafonds, des murs et même du pavé de leurs maisons et de leurs monuments. Les Gaulois qui s'assimilèrent fort vite les usages des Romains, connurent l'art de la verrerie, et comptèrent parmi leurs artisans, des vitriers qui ne se servaient, en fait d'outillage, que de sertisseurs pour enfermer les pièces de verre dans des métaux très-malléables, comme le plomb.

(1) Le verre était connu des Hébreux, puisque Moïse en fait mention. D'après Pline et Strabon, les verreries de Sidon et d'Alexandrie, étaient célèbres.

Il y a quelques années, on découvrit à Rome des spécimens de l'art du verrier romain. Ces objets qui n'étaient que des débris étonnèrent les connaisseurs en ce sens que les images colorées qui s'y voyaient, pénétraient le verre dans toute son épaisseur. Ce n'était évidemment qu'une mosaïque ressoudée.

La peinture remonte à une très-haute antiquité. Chez les Égyptiens, elle était très-répandue; ces peuples antiques connaissaient non-seulement la peinture à teintes plates, mais encore la décoration et l'attribut. Il nous reste peu de documents sur la composition de leurs couleurs, qui du reste, n'étaient pas nombreuses. Les plus anciens monuments de l'Assyrie contemporains des Pyramides d'Égypte, les tours chaldéennes étaient peintes aux couleurs sidérales, c'est-à-dire en or, en argent, en bleu, en vert, en rouge, en noir et en blanc.

Chez les Romains, les salles des maisons particulières et les édifices furent décorés de nombreuses peintures; il en fut de même chez tous les peuples policés anciens. Ces peintures étaient des fresques; tous les fragments de peinture antique qui nous sont parvenus ont été exécutées par ce procédé.

Cependant les anciens connaissaient aussi la peinture à l'encaustique, découverte 340 ans avant J.-C. par Aristide de Thèbes. En Égypte, on savait appliquer des couleurs très-vives, et enrichir les objets décorés ainsi de feuilles d'or. La peinture chez les Grecs, au temps de la guerre de Troie était moins avancée que chez le peuple dont nous venons de parler.

Le pavage. — Ce ne fut que septcents ans environ après sa fondation que Rome fut pavée. On prétend que ce sont les Carthaginois qui furent les premiers qui pavèrent les rues de leurs villes, du moins c'est le sentiment de l'historien grec Isidore, qui vivait probablement sous Tibère.

Les routes. — Le sol des voies romaines, de quelque mauvaise consistance qu'il fût, comme de glaise, de vase, etc., était d'abord affermi par des terres plus solides ou des décombres provenant des villes voisines, et par des matériaux trouvés dans les diverses localités que ces voies desservaient. Les aires de ces routes étaient faites de gravois et de cailloux maçonnées avec de la chaux ou du cîment, celle des autres d'éclats de roches. Les plus magnifiques de ces chemins étaient recouverts de dalles formées de pierres dures à joints incertains. Quelques-unes de ces voies sont encore en bon état, quoiqu'on les ait laissées sans entretien pendant une suite de siècles.

Quand le terrain ne présentait aucune garantie de solidité, soit à cause de la nature marécageuse du sol, par exemple, on construisait la route sur des pilotis. On obtenait par ce procédé un encaissement que l'on remplissait de pierres reliées par un mortier de chaux. Sur cette première couche, on en établissait une seconde formée de briques concassées et de pierres reliées de même et fortement pilonnées. Enfin au-dessus, arrivait une espèce de forme ou *nucleus* faite entièrement de mortier de chaux et sable, c'est exactement le cîment actuel du paveur, composé de tuileaux grossièrement pulvérisés et de chaux. Enfin sur ce travail était posé le pavé. En dehors des dalles dont nous avons parlé plus haut, les Romains employaient des pavages plus réguliers, et des cailloux roulés disposés comme on le fait encore dans certaines de nos villes. Les chaussées romaines étaient bombées régulièrement, comme les nôtres, afin de former des caniveaux de chaque côté, pour faciliter l'écoulement des eaux, il y existait souvent des trottoirs faits de pierres posées en bordure. Quand ce trottoir n'existait pas, le pavage de la route était arrêté par des pierres solidement enfoncées dans le sol.

Le cîment des romains. — Nous avons parlé souvent du cîment. Celui qu'employaient les Romains était renommé. Mais c'était plutôt une espèce de mortier, qu'une composition analogue à celle à laquelle nous donnons le premier de

ce nom. Ce mortier était hydraulique, sa composition avait été trouvée par les Étrusques, les procédés de sa fabrication n'étaient ni inférieurs, ni supérieurs aux nôtres. Si cette sorte de cîment nous est parvenue avec la solidité et la dûreté que nous lui connaissons, il faut d'abord en faire honneur à son extrême vieillesse. On sait qu'il est dans la nature des mortiers de durcir en vieillissant, quand il a résisté à certaines influences qui auraientpu l'altérer dans les premiers temps de son emploi.

Les ouvrages de plomb. — Les Romains travaillaient le plomb. Leurs acqueducs étaient garnis souvent de tuyaux de ce métal, ils les façonnaient de forme conique afin de leur permettre de s'emboîter plus facilement les uns dans les autres, cetravail était sûrement fait à l'aide d'un mandrin, comme nos ouvriers l'exécutent encore pour faire des pipes en plomb ou d'autres ouvrages analogues.

La couverture. — Les constructions romaines étaient couvertes soit de dalles en pierre, soit de tuiles en terre cuite, dont l'usage était très-répandu. Les Grecs et les Romains faisaient usage de tuiles creuses. Le temple d'Octavie à Rome était couvert par des tuiles de cette forme, mais elles étaient en marbre blanc. Certains édifices gallo-Romains eurent des couvertures métalliques. Le plombre vêtait alors non-seulement les combles, mais encore les chéneaux. Des palais et des édifices religieux étaient aussi couverts. Les ardoises ne furent employées que beaucoup plus tard, même dans les contrées schisteuses. Nous n'avons guère de renseignements sur les procédés de métier des artisans qui couvraient les maisons romaines, mais il est fort à croire qu'ils ne différaient guère de ceux que nous examinerons dans le chapitre de cette étude réservée aux travaux du moyen âge.

Les enduits. — Les Assyriens avaient des palais dont les murs étaient recouverts de stucs coloriés, et de grands tableaux de fayence brillante. On ne sait rien de la composition de ces stucs qui ne devaient guère différer des nôtres. Quand à la fayence peinte, on en faisait d'admirables décors dans la Chaldée. Les Romains employèrent aussi le stuc à l'intérieur des édifices ; la preuve de ce fait existe sous nos yeux, car le Palais des Thermes, à Paris, en offre un exemple. La maçonnerie de la grande salle conservée jusqu'à nos jours, est construite alternativement en moellon et en briques, les rangs de ces matériaux ont été en quelques endroits, recouverts par une couche de stuc ayant de onze à quatorze centimètres d'épaisseur. Le Palais des Thermes était construit avant l'arrivée de l'empereur Julien dans les Gaules ; il en fit son habitation favorite.

Le repoussage. — Il est encore un procédé que la serrurerie moderne et d'autres métiers savent employer, qu'il faut porter au compte des connaissances de nos devanciers. Nous voulons parler du *repoussé au marteau.*

Les plus anciennes statues grecques sont en bronze et sont obtenues par ce procédé de repoussage que nous connaissons si bien, qu'on a pu le voir mis en pratique dans le Jardin de l'exposition, entre la façade nord du Palais du Champ de Mars et le pont d'Iéna. Une portion de la statue colossale de la Liberté, que la France offre en présent aux États-Unis d'Amérique, pour être placée dans la rade de New-York, est là ; la tête gigantesque de cette statue remarquable, est repoussée au marteau. Les statues grecques étaient ainsi fabriquées ; on donnait alors la forme voulue aux diverses parties de l'œuvre, quelquefois au moyen de la matrice et de l'estampage au marteau et plus souvent avec le marteau seul. Les différentes pièces de l'ouvrage étaient ensuite assemblées avec des clefs. On ignore si les anciens connaissaient l'art de souder les métaux. Pausonias, écrivain Grec du IIe siècle après J.-C. parle cependant d'un travail d'assemblage tout à fait différent de celui que donnent les clous et les crampons. Ces derniers, comme on le sait, étaient non-seulement destinés à relier

les métaux entre eux; on les employait encore pour arrêter les pierres de construction qui très-souvent, comme dans le pont du Gard, par exemple, n'étaient aucunement scellées. Nous arrêterons ici cette étude rapide touchant le matériel et les procédés d'état des anciens.

II. — Du moyen âge à nos jours.

L'outillage et les procédés de métier restèrent à peu près les mêmes que ceux que nous venons d'indiquer, jusqu'au moment où commencèrent la construction des grands édifices religieux ou féodaux que le moyen âge vit s'élever sur tous les points de l'Europe. Il faut dire même, que jusqu'au XIIe siècle, les constructeurs ne surent qu'imparfaitement appliquer les procédés et les engins des Romains. On comprend que les grands ouvrages qui apparurent alors nécessitèrent l'emploi d'outils plus nombreux et surtout d'un matériel plus fort et plus considérable. De nouveaux instruments apparurent, nous allons les signaler, en suivant le même ordre que dans le chapitre qui précède.

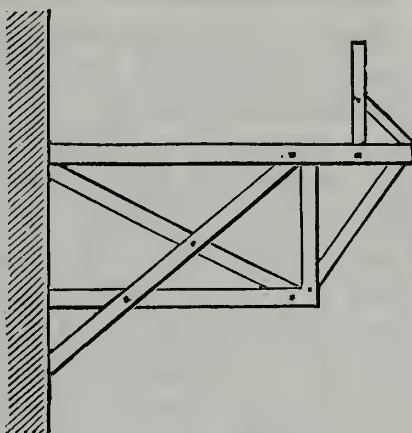
L'appareillage. — C'est alors que naît sérieusement l'appareilleur. Au Ier siècle avant J.-C., Vitruve avait bien décrit la forme et l'espèce des maçonneries employées de son temps auxquelles on donne le nom d'appareils, mais l'art de la coupe des pierres ne prit vraiment son essor qu'à l'époque où nous sommes arrivés de cette étude. Jusque-là, les traditions anciennes transmises par les constructeurs du Bas-Empire, avaient été conservées. « La plus considérable partie de la construction, dit Daviler, est l'art de la coupe des pierres, autrement dit le trait que Mathurin Jousse nomme le secret de l'architecture : Les principes de cette science sont fondés sur la géométrie, et de l'opération qu'on fait avec l'épure, on passe à l'exécution, en traçant des pierres qui doivent remplir le vide auquel elles sont destinées, quelque irréguliers qu'il soit. Les meilleurs ouvriers font leur capital de cette pratique, et sont d'autant plus remarquables qu'ils sont bons appareilleurs. Cette connaissance est aussi fort nécessaire à l'architecte afin qu'il ne fasse rien d'impossible à voûter dans ses dessins, et qu'en proposant quelque ouvrage extraordinaire de cette nature, il donne les moyens de rendre les voûtes autant agréables que légères, que solides et hardies.

La pierre sur le chantier étant brute, sa première préparation est de l'équarrir, et d'en tailler les lits et les parements, de façon qu'elle ne soit point gauche, afin que l'appareilleur y trace ce qu'il convient selon la grandeur de la pierre qu'il doit ménager. Le plus simple des ouvrages d'appareil sont les pierres dont on érige les murs. Les voûtes donnent lieu à des appareillages compliqués, surtout quand elles sont irrégulières. c'est-à-dire quand elles doivent être construites sur un plan rampant ou obliqué. On se sert de divers instruments pour tracer les voutes et leurs voussoirs. Outre la règle, la fausse et la vraie équerre, le niveau, le fil à plomb et les autres outils connus dans l'art de bâtir, on met en usage la sauterelle qui est une équerre mobile pour prendre l'ouverture des angles, le beuveau dont un bras sert à tracer la curvite du panneau de douelle, et l'autre le joint de lit, quelquefois les deux bras en sont creusés et bombés et toujours mobiles. Les échasses sont des règles ou des lattes sur lesquelles on marque d'un côté les voussoirs, de l'autre côté les retombées.

On trace les pierres par panneaux ou par équarrissement ou dérobement, la manière par panneaux est plus ingénieuse et plus entendue que celle par équarissement, avec laquelle on ne peut pas toujours faire ce que l'on veut.

L'épure ou le dessin de la pièce de trait étant tracée aussi grande que l'ouvrage, on en lève les panneaux avec du carton, du fer-blanc ou quelque autre matière mince, puis on les applique sur les pierres pour les tracer. Il faut aussi avoir recours à l'épure pour tracer par équarrissement, parce qu'en posant le beuveau sur la figure, on le rapporte sur la tête du parement pour y tracer la curvité de l'arc, et le bras qui est droit marque le joint de lit ou coupe. Dans les traits difficiles, on n'arrive pas tout d'un coup à tracer juste, et comme il faut recouper de la pierre, on laisse plutôt les joints gras que maigres (1). Les principes qui viennent d'être reproduits, d'après le célèbre architecte qui vivait sous Louis XIV sont encore mis en pratique aujourd'hui. Ils guidaient certainement les architectes de nos cathédrales gothiques, car il n'y a pas deux manières de bien faire, et celle qu'enseignait Daviler, dans les lignes qui précèdent, est la bonne.

Les engins de construction. — Les engins de construction furent d'abord insuffisants. Pierre de Montereau, Eudes de Montreuil, architecte du XIIIe siècle, Jean de Chelles, l'un des constructeurs de Notre-Dame de Paris, et d'autres encore, eurent à améliorer et à créer de nouveaux moyens d'amener à pied d'œuvre et à leur place même, les matériaux souvent d'un poids énorme qui devaient entrer dans la construction des monuments de grande hauteur. Jusque-là, on ne s'était guère servi que des procédés romains qui étaient des plus simples. On réservait dans les murs des trous également distancés, dans lesquels on engageait des pièces de bois, chevrons ou rondins posés horizontalement; à leur extrémité du côté du vide, elles étaient reliées par d'autres pièces de bois verticales, reposant sur le sol. Le tout constituait un échafaud assez semblable à celui que nous voyons employer à nos maçons d'à présent. D'autres échafauds plus compliqués étaient composés de charpentes assemblées, ils étaient disposés pour être suspendus, et placés comme en bascule sur le flanc des édifices. La fig. 4 d'après M. Viollet-le-Duc, nous fait voir la disposition de l'une de ces sortes d'échafaudages. On voit qu'un garde-fou est disposé sur la plate-forme pour préserver les ouvriers des chutes. Le même auteur nous fait voir, dans le bel ouvrage auquel nous avons eu de temps en temps recours, la tour du château de Coucy, qui a été construite au moyen d'échafaudages la contournant à la façon d'une rampe. La charpente qui constitue ce chemin de bardage est composée de poutrelles placées en bascule, dont l'une des extrémités, (celle du côté de la muraille, bien entendu), repose dans des trous réservés au fur et à mesure de l'élévation de la maçonnerie. Ces trous sont disposés suivant une ligne spirale.


Fig. 4. — Échafaud du moyen-âge.

On peut voir, dans les murailles de Notre-Dame de Paris, et de beaucoup d'autres anciens monuments, des trous ménagés dans les murs pour y placer des échafauds. Ils n'ont pas été bouchés, afin de pouvoir être utilisés, en cas de réparations. Il est utile de dire ici que jusqu'au XVe siècle, on ne faisait pas de ravalements, les pierres qui composaient les façades étaient posées en état de complet achèvement, ce qui simplifiait beaucoup les choses. C'est ainsi, du reste, que l'on opère encore dans presque toutes nos villes de province, et c'est ce que nous avons déjà dit dans le chapitre qui précède. C'est au milieu du

(1) Cours d'architecture par A. C. Daviler, architecte.

XII[e] siècle que les tailleurs de pierre emploient l'outil désigné sous le nom de *bretture*, il est façonné en forme de marteau à deux tranchants découpés de dents et sert à dégrossir la pierre. Le moyen âge se servait pour monter les matériaux de grues, de chèvres, de treuils, de machines hydrauliques. Les siècles suivants n'eurent, pour ainsi dire, rien à changer à ces engins, dont la disposition ne varia guère, jusqu'à la fin du siècle dernier.

La façade principale du Louvre, commencée en 1666, sur les dessins de Claude Perrault, fut terminée en 1670. Parmi les moyens employés pour élever cette façade, on doit citer la machine élévatoire composée par l'habile charpentier Ponce Cliquin; cette machine a été gravée dans l'édition de Vitruve due à l'architecte de la Colonnade, elle était destinée à élever à la hauteur du fronton deux pierres qui devaient le couvrir et en former la cimaise. Chacune de ces pierres avait 54 pieds de long sur 8 de large, et 18 pouces d'épaisseur, et provenait d'un seul bloc scié en deux, tiré des carrières de Meudon. Elles donnent la mesure des deux côtés supérieurs du triangle que présente le fronton servant d'amortissement à l'avant-corps placé au centre de cette façade.

Les échaffaudages et les machines employés il y a deux cents ans sont décrits par Daviler. Nous reproduirons les passages de son livre qui concerne ces ouvrages:

« Les machines et les échafaudages sont comme les bras de la construction. L'entrepreneur doit en être au moins informé, s'il n'est pas machiniste, parce que le service d'un atelier public en particulier n'avance qu'autant qu'il est bien équipé. Les plus simples machines sont le *levier*, dont l'abattage a beaucoup de force; l'*écharpe* qui, avec un cable, sert à enlever les médiocres fardeaux, et la *chèvre* les plus pesants; le *singe* qui agit par le moyen d'un treuil à bras; les *verrins*, pour travailler par sous-œuvre, et le *vindas*, pour tirer les gros charriots qu'on ne peut charier. Les autres machines, qui servent aussi par le guidage à enlever les fardeaux et qu'on peut appeler composées, sont celles qui tournent verticalement sur un pivot ou tourillon enté sur un arbre, comme la *grue à tambour*, dont le col peut être augmenté d'une écoperche : celle qu'on nomme *engin* qui ne diffère de la simple grue à tournin quet que par son fauconneau, et enfin la *sonnette*, avec laquelle on enfonce jusqu'au refus du mouton, les pieux souvent cerclés d'un cercle de fer en leur couronne. Toutes ces machines se montent et se démontent pour les serrer avec les équipages dans les magasins et baraques, après que l'atelier est fermé, et pour s'en servir dans le besoin. Les plus difficiles machines sont les hydrauliques, qui servent pour la construction des piles et des culées de pont, pour les quais, remparts, châteaux d'eau, chaussées, digues, jetées, jouillères d'écluses, murs de douve, et autres ouvrages fondés dans l'eau sur des pilotis, patins plates-formes et racineaux, par le moyen de bâtardeaux remplis d'un corroi de terre-glaise. Les écluses se font de diverses sortes, comme carrées, à vannes, à tambours, à éperons, à chambres entre deux portes, etc., et les pertuis qui sont de moindres passages que les écluses s'ouvrent et se ferment avec des aiguilles passées sur un seuil et retenues par une boîte. Les *pompes* sont de diverses espèces, (Notons en passant qu'on les attribue à Ctesibius d'Alexandrie, et que vraisemblablement cet ingénieur qui vivait 130 avant J.-C. ne fit que les perfectionner), elles servent à tirer les eaux. Elles se peuvent toutes réduire à quatre, savoir à la pompe aspirante, à la soulevante, à la refoulante et à la mixte.

Les plus légers échafauds que l'on nomme volants, sont faits de dosses portées sur des écoperches, baliveaux et boulins scellés dans des trous ou étrésillonnés dans les baies des murs, ou suspendus avec des cordes, et ils servent pour ériger les murs des moindres édifices. Ces sortes d'échafauds suffisent pour porter en sûreté les poseurs, contre-poseurs, ficheurs, etc., qui reçoivent des

louveurs et bardeurs, les pierres du pied du tas, pour les mettre en place : ils servent aussi aux tailleurs de pierre pour ragréer les balèvres des façades de pierre de taille : et aux maçons qui font les ravalements avec les manœuvres qui les servent. Les grands échafauds d'assemblage qui partent de fonds, sont construits de *pointals* (1) posés sur des couches ou chantiers, et contreventés avec des arc-boutants pour soutenir les *travons* sur lesquels posent des planchers continus à une hauteur de plinthe ou d'entablement, comme il a été fait avec une dépense toute royale dans la construction de la façade du Louvre dont l'échafaud avait sa longueur, c'est-à-dire plus de 90 toises. Les *étais*, *étançons* et *chevalements* garnis de leurs *chapeaux* et *couches* sont encore des espèces d'échafauds qui servent à étrésillonner et à étayer dans les reprises et réfections des édifices dépéris dans leurs fondations et empattements. » Cette nomenclature des machines d'échafauds à laquelle on doit ajouter le *cric*, connu dès le XIVe siècle, est comme on le sait, encore applicable aux objets de cette nature en usage aujourd'hui. Nous verrons dans le chapitre suivant ce que les progrès de la science y ont ajouté.

La maçonnerie. — La maçonnerie, jusqu'à l'époque carlovingienne, employa le béton composé suivant la tradition romaine, ainsi que les mortiers. Il en fut fait un emploi plus restreint jusqu'à la fin de la période ogivale. Les fondations importantes étaient généralement composées d'assises de gros libages.

Dans le chapitre précédent de cette étude, nous n'avons dit que peu de choses de l'emploi des enduits chez les anciens. Les Grecs et les Romains cependant, nous le savons, recouvraient les surfaces intérieures et extérieures de leurs édifices, (quand ces dernières n'étaient pas revêtues de marbres), d'enduits composés de chaux et de poussières calcaires. Ces recouvrements étaient très-souvent minces, habituellement très-lisses et constamment colorés. Au moyen-âge, on employa que peu ces enduits; les chaux étaient de mauvaise qualité, leur emploi fut de plus en plus délaissé. Ce n'est qu'au XIIe siècle qu'on vit réapparaître des enduits composés de chaux et de sable très-fin, ils étaient appliqués à l'aide de pinceaux et comprimés au moyen d'un outil dont la forme se rapprochait beaucoup de celle de la *taloche* actuellement employée. On les colorait et on les encaustiquait ensuite.

Dès le XIIIe siècle, le plâtre figure dans les constructions. Il est posé sur un crépi fait avec les parties grossières de ce sulfate de chaux, ou avec un mortier composé de chaux et de gros sable. On en enduisait ainsi les cloisons et les murs; on en fit aussi des entrevous, des hourdis de planchers et de pans de bois, des aires, des hottes de cheminées et d'autres *légers ouvrages* de maçonnerie. Enfin, on connaissait à cette époque les enduits en blanc de bourre que l'on composait de chaux, de sable et de poils de vache.

Les cheminées semblent avoir été inconnues aux Romains, qui ne se servaient, ainsi que les contemporains des premiers siècles du moyen-âge, pour chauffer leurs habitations, que de réchauds portatifs. Elles apparaissent aux XIIe et XIIIe siècle, et deviennent de véritables petits monuments au XIVe siècle. Elles se composaient, en premier lieu, de deux pieds-droits en pierre sur lesquels était posé un manteau formé d'un chassis de bois recouvert de plâtre mouluré et sculpté. La hotte était aussi en plâtre reposant sur une planche de chêne. C'était ainsi que les cheminées des habitations ordinaires étaient construites.

Sous Charles V, les cheminées étaient d'une grandeur qui nous paraîtrait aujourd'hui fort extraordinaire. On en plaçait jusque dans les chapelles; il s'y trouvait aussi des poëles, alors nommées des *chauffe-doux*. En 1367, furent

(1) Pièce de bois posée perpendiculairement, et prenant son étymologie du mot *pointe*.

fabriqués à Paris, pour l'hôtel Saint-Paul, quatre paires de chênets en fer ouvré : la paire la plus légère pesait quarante-deux livres, et la plus lourde quatre-vingt dix huit livres. Il fallait de larges foyers pour placer ces ustensiles, dont nous possédons du reste, de très-nombreux spécimens, dans nos vieux châteaux, et dans presque tous nos musées

Pendant l'époque carlovingienne, on recouvrait le sol des localités secondaires de carrelages en briques scellées avec du mortier. Les carreaux de terre cuite ne furent employés qu'à partir du XII[e] siècle. Du temps de Suger, dit M. Viollet-le-Duc, qui les a retrouvés, il y en avait dans l'église de Saint-Denis. Ces carreaux étaient colorés et formaient de fort belles mosaïques.

Les carrelages du XIV siècle, sont remarquables. Ils étaient parfaitement moulés et recouverts d'une composition métallique; on les estampait de dessins en creux que l'on remplissait ensuite de terres d'une coloration différente, enfin ils étaient émaillés. Le sol des églises du moyen-âge était aussi recouvert de dalles en marbre et en pierre, disposées pour former des mosaïques de diverses couleurs.

La charpente. — L'art de la charpenterie est arrivée à son complet développement au XV[e] siècle, ce fut lui qui nous dota de ces beaux combles que l'on peut voir encore dans nos cathédrales (1). Cet art déclina ensuite. A cette époque, on savait déjà armer des poutres en en formant des fermes composées d'arcs et de cordes que l'on reliait avec des boulons. Dès le XIII[e] siècle, le charpentier élevait les pans de bois des façades de maisons. Ces ouvrages souvent remarquables étaient disposés pour être apparents, ils se composaient de poteaux, de décharges et d'autres pièces assemblées avec soin. Les sablières étaient rainées.

Vers le milieu du XV[e] siècle, certains pans de bois d'un nouveau système font leur apparition. Ils se composent d'un treillis de charpentes assemblées par des entailles à mi-bois, et disposées pour former des séries de losanges. Mathurin Jousse, célèbre architecte de la Flèche en Anjou, décrit dans son œuvre, un pan de bois qu'il appelle en *brin de fougère*. Le compagnonnage, dont la haute antiquité ne peut être l'objet d'un doute, et qui fut en honneur surtout chez les charpentiers, développa en même temps que leur amour propre leur savoir. Les chefs-d'œuvre que ces artisans produisirent et dans lesquels les plus habiles d'entre eux multipliaient les assemblages difficiles étaient autant des objets d'émulation que des preuves de science dans le métier. Pour arriver à produire des travaux dignes d'attirer l'admiration des connaisseurs, il fallait étudier le dessin, c'est ce qui fit, sans aucun doute, que l'art de la charpenterie put atteindre à de grandes hauteurs.

C'est au XVI[e] siècle que l'un des San-Gallo, imagina ou plutôt améliora, en Italie, les ingénieuses charpentes mobiles composant les cintres au moyen desquels on bâtit les arcades et les voutes. On sait que ces cintres sont composés de fermes en charpente dont les arcs ou les arbalétriers, suivant le cas, sont composés d'avance suivant la forme de la voute ou de l'arc que l'on doit construire dessus. Ces parties supérieures de la charpente sont réunies à des entraits au moyen de contre-fiches. Assemblés en nombre suffisant suivant la dimension de l'ouvrage à exécuter, les cintres ainsi constitués reçoivent extérieure-

(1) Parmi ces travaux, citons la charpente du comble de Notre-Dame de Paris : à cause de son importance hors de toute comparaison, on l'a nommée *la forêt*. Elle est composée d'un nombre considérable de pièces de bois de châtaignier, et a environ 120 mètres de longueur, 13 mètres de large et 10 mètres de hauteur. Elle supporte une couverture composée de 1236 tables de plomb de 0^{m},005 d'épaisseur, du poids total de 210,120 kilog.

ment une suite de madriers refendus ou non sur le sens de la largeur, formant une sorte de plancher sur lequel viennent reposer les douelles intérieures, ou simplement la maçonnerie qui forment l'intrados de l'arc. C'est encore ainsi que l'on procède à cette heure pour construire les voutes et les autres ouvrages de nature équivalente. Du moins, les modifications apportées à ces appareils de charpentes sont peu considérables, comme nous pourrons le voir plus loin.

Parmi les architectes français qu'illustrèrent leur art, et après ceux que nous avons déjà cité, nous distinguerons comme étant l'un des praticiens les plus ingénieux, Philibert de Lorme. Il est le premier qui ait ouvert méthodiquement le chemin de la science de l'appareil, dont nous avons parlé. C'est lui qui en fixa les règles; malheureusement ses descriptions ne sont pas très-claires. Mathurin Jousse, dont nous nous sommes déjà occupé, sut se rendre plus intelligible aux ouvriers; peut-être était-il encore plus consommé dans la pratique.

Ce fut encore Philibert Delorme qui imagina, lors de la construction du château de la Muette, à Saint-Germain en Laye, de substituer aux charpentes des combles, des fermes composées de planches posées de champ, afin de ne pas autant charger les murs. Ce procédé ingénieux fut adopté depuis par les architectes Legrand et Molinos qui firent reconstruire une première fois, en 1782, par le menuisier Roubo, la coupole de la rotonde de la Halle aux blés de Paris. Ne quittons pas la charpente sans dire un mot de deux de ses outils les plus connus. Il est certain que la plupart des autres sont fort anciens, mais la besaïgue est citée dans le livre des métiers d'Étienne Boyleau. La cognée que le sire de Joinville appelle *la clef le Roi*, parce qu'elle servait au besoin, à enfoncer les portes que l'on refusait d'ouvrir, est d'origine plus ancienne encore, puisqu'elle n'est autre chose que l'une des transformations de la hache.

La menuiserie. — La menuiserie ressemblait encore au XII[e] siècle à de la charpente. Les pièces qu'elle produisait étaient plus soignées que les travaux ordinaires de cette dernière catégorie de métier, mais elles ne présentaient absolument rien de remarquable. Il semble qu'à travers les invasions et les guerres interminables, la menuiserie ait disparu, pendant une très-longue période, emportée par ces tempêtes, effets d'une barbarie profonde. Nous avons vu que sous les civilisations grecques et romaines, le menuisier produisait des ouvrages très remarquables; dans l'occident, jusqu'au XII[e] siècle, c'est à peine si l'on connaît cet artisan. Nous ne le voyons guère réapparaître que dans un arrêt du 4 septembre 1382, encore est-il exact de dire que ceux que cet arrêt nomme menuisiers, sont des *huchers*. Mais à partir de cette époque, la menuiserie devient un art véritable. S'inspirant des anciens dont les traditions revenaient, en créant l'époque admirable de la Renaissance, les menuisiers des XIV[e] et XV[e] siècle produisirent une quantité d'ouvrages d'une perfection achevée. En outre de leur mérite incontestable au point de vue de l'exécution, ils avaient une parfaite connaissance de la qualité des bois, et leurs tracés dénotaient de savantes connaissances.

Au moyen âge, on ne débitait, pour l'usage de la menuiserie, que des chênes de 2 à 300 ans, nous apprend encore le savant M. Viollet-le-Duc, et l'emploi de ces bois était des plus judicieux.

Ce n'est que vers le XV[e] siècle, que les menuisiers se servent pour joindre les ais, de l'assemblage à rainure et languette. Les anciennes portes que l'on a pu examiner ne sont pas antérieures au XI[e] siècle, elles se composaient alors d'ais jointifs doublés par d'autres ais, il n'existait aucun assemblage pour relier ces pièces qui étaient tout simplement clouées. Mais au XIII[e] siècle, la menuiserie produisit des ouvrages remarquables, parmi lesquels on peut citer les portes

de la Sainte-Chapelle de Paris, dont les vantaux à double face étaient garnis de décharges ornées d'un côté et la face extérieure refouillée de riches sculptures. Les croisées au XIIe siècle n'étaient que des espèces de volets ajourés. Elles devinrent ensuite comme les portes, de véritables chef-d'œuvres de menuiserie. Dans les églises, les stalles surmontées par derrière de panneaux élevés et enrichis de sculpture étaient souvent d'une élégance achevée. Tous les assemblages employés aujourd'hui étaient connus des artistes-menuisiers des XIVe et XVe siècle, ainsi qu'il est facile de s'en convaincre en examinant les ouvrages de menuiserie appartenant aux diverses collections qui composent l'ensemble de l'exposition rétrospective de 1878.

La serrurerie. — Les serruriers du moyen âge, ainsi que nous le disons dans une autre étude, ne semblaient pas connaître la lime, leurs ouvrages étant généralement bruts de forge. Ils étaient tellement maîtres de leurs marteaux qu'ils produisaient, avec ces seuls outils, des ouvrages suffisamment terminés. Cependant, quoique les limes fussent peu employées à cette époque pour corriger et réparer les défectuosités des travaux du serrurier, elles n'en existaient pas moins. Le livre des métiers d'Étienne Boyleau nous le prouve : « *Nus ne peut faire rivet se il n'est limé à lime* » dit-il. (167).

Les Anglais ont eu longtemps le monopole de la fabrication des bonnes limes. Ces outils se sont toujours forgés à la main sur l'enclume; au sortir de la forge, ils sont dressés, puis taillés encore à la main, sur un tas, avec un burin qui reçoit le coup du marteau. Enfin la dernière opération de cette fabrication est celle de la trempe.

Les vis d'attache ont été inventées seulement vers la fin du XVe siècle. Elle sont eu tout de suite à peu de chose près la forme actuelle, sauf que les tiges filetées étaient plus coniques. On ne connaissait autrefois, avant leur invention, pour fixer les objets sur la menuiserie, ou pour assembler plusieurs pièces entre elles, que les clous et les boulons. Les boulons avant le XVIIe siècle n'étaient pas taraudés, leurs tiges étaient refouillées de mortaises et garnies de clavettes. Du reste, on ne s'en servait aucunement pour les grosses charpentes que l'on ne ferrait pas, mais que l'on assemblait avec des clefs. En général, les boulons avaient des têtes rondes comme les clous. Les serruriers du moyen âge et ceux des époques postérieures, nous ont laissé une grande quantité d'objets précieux de leur industrie. Ils connurent de bonne heure presque tous les procédés d'état que nous voyons mettre en œuvre aujourd'hui. Les soudures à chaude portée, autrement dits encollages, leur étaient tellement familières qu'ils les multipliaient d'une façon extraordinaire sur les objets d'art qu'ils fabriquaient. Les pentures des portes de Notre-Dame de Paris, dont nous parlons ailleurs, sont un exemple de l'habileté de main du forgeron du moyen âge. Les pièces qui les composent sont en nombre considérable et très-rapprochées les unes des autres, elles sont soudées entre elles, ce qui constituait une difficulté inouïe, que nos anciens artisans savaient vaincre à force de soins et de connaissances exactes du métier.

L'estampage, le repoussage au marteau ou relevage, étaient des procédés très-employés dès le XIIe siècle. Le serrurier savait alors graver ses *étampes* qui sont des matrices et donner au fer forgé dans ces outils des formes déjà savantes et gracieuses. Le repoussé au marteau qui s'exécute à peu près de la même façon, mais à froid, produisit de bonne heure des feuillages et d'autres ornements élégants.

Les différents systèmes d'assemblage de serrurerie employés actuellement, étaient connues au moyen-âge. Les grilles de cette époque ont souvent des traverses percées de trous renflés carrés. Mais leurs tenons n'ont pas de goupilles. Enfin, l'artiste serrurier de ces époques se servait certainement

d'outils analogues à ce que nous appelons aujourd'hui des *faux rouleaux*, et qui servent à faire les enroulements réguliers. Les grilles légères des églises, et surtout les grillages qui préservaient les vitraux, étaient en général composés de chassis encadrant des séries de motifs formés par des volutes ou des enroulements courants. La régularité de ces ornements pour la fabrication desquels il fallait un outillage bien complet et bien entendu ne laisse aucun doute à ce sujet.

La couverture. — Le couvreur du moyen âge employait l'ardoise dès le XIe siècle, dans les contrées qui produisent le schiste tégulaire, comme l'Anjou, une partie du Dauphiné, etc. Quoique mal coupée, l'ardoise qui était alors très-épaisse, constituait une excellente couverture; elle était employée exactement comme aujourd'hui, c'est-à-dire qu'on la clouait sur des planches disposées comme nos voliges. Mais on lui préférait la tuile dont nous allons parler, surtout parce qu'elle était faite avec plus de soin, et qu'elle était décorée et coloriée, ce qui amenait des dispositions plus gaies à l'œil.

Vers le XIIe siècle, on employa davantage l'ardoise dont la fabrication avait fait de grands progrès. Le nord et l'ouest de la France surtout adoptèrent alors cette sorte de couverture. Les ardoises furent découpées suivant diverses formes : arrondies, en écaille, en losange, etc., on les disposa en épis, en quinconces; leur tête était toujours percée de deux trous, c'est dire qu'elles étaient posées comme nous venons de l'indiquer. De fort belles couvertures de tourelles et des recouvrements de pans de bois, s'exécutèrent avec l'ardoise, vers ce temps à Rouen, Abbeville, Troyes, Reims, etc., etc.

Les anciennes couvertures faites en ardoises étaient très-inclinées, leur pureau, (c'est-à-dire l'écartement qu'elles ont entre elles, ou plutôt la surface qu'elles ont à découvert), était du tiers de leur longueur totale. Dans les grands édifices, la couverture, quand elle n'était pas en métal, était souvent composée de grandes dalles posées, dans les premiers temps, à bain de mortier sur la maçonnerie. On jugea utile, plus tard, de laisser un vide entre cette sorte de couverture et les voutes, afin d'obtenir une aération suffisante pour éloigner l'humidité. A cet effet, les dalles furent posées sur des arcs construits spécialement pour elles, au-dessus des voutes. Leurs joints venaient se réunir au droit de ces arcs qui généralement, étaient d'une construction relativement légère. Mais beaucoup de nos églises datant du moyen âge avaient leurs combles recouverts de plomb. A la cathédrale de Chartres, les feuilles ou tables de ce métal étaient posées sur des voliges en chêne, elles avaient deux mètres cinquante centimètres sur soixante centimètres, et étaient fixées au moyen de clous en fer étamé. Les bords latéraux de ces feuilles étaient roulés en forme de boudins, ils étaient retenus au moyen de nombreuses agrafes en fer. Ces feuilles se recouvraient l'une sur l'autre, et comme aspect général, la couverture qu'elles formaient ressemblait beaucoup à celle que nous obtenons aujourd'hui avec le zinc.

Les chêneaux du moyen âge avaient encore plus de rapport avec les ouvrages de cette nature que font les modernes. Leurs parois verticales extérieures étaient arrondies par le haut pour former une moulure, le fond était disposé sur une pente dans laquelle l'ouvrier réservait des ressauts. On maintenait les chêneaux au moyen d'armatures en fer généralement composés d'une tringle ronde courante sur laquelle était arrondie la moulure dons nous venons de parler, et d'équerres apparentes ornées, également distancées, qui par un coude, allaient se sceller dans la pierre, en arrière du chêneau. Des gargouilles, des tuyaux, des dauphins étaient fabriqués avec le même métal que l'on savait repousser au marteau, en leur donnant des formes originales et élégantes. Nous

avons vu que les anciens se servaient de la tuile pour couvrir leurs édifices et leurs maisons. Au moyen âge, la couverture en tuile, qui n'avait, du reste, jamais été abandonnée, fut employée plus que jamais. En général, elle était de forme carrée, plate à rebords et à recouvrements. Elle se posait aussi, d'une façon identique à celle que l'on emploie aujourd'hui, et qui est encore fabriquée de même qu'à cette époque, sauf les détails d'agrafure qui constituent des procédés nouveaux.

On a remarqué, dans les édifices construits aux XIe et XIIe siècle, que les arrêtiers se faisaient généralement en pierre, afin d'éviter le descellement des tuiles qui venaient recouvrir ces points et que l'on posait jusqu'alors à bain de mortier. C'est au XIIe siècle que l'emploi de la tuile atteint son plus grand développement. La Champagne et la Bourgogne qui en fournissaient la plus grande partie, en fabriquaient de très-belles, de formes diverses, et décorées avec goût et de plusieurs couleurs. En Champagne, on remarquait la *tuile du comte Henri*, elle était à agrafe et percée d'un trou, afin de la retenir en place au moyen d'un clou.

A la fin de ce siècle, on vit apparaître la *tuile de noue*. On fabriqua des tuiles en forme d'écaille de poisson, percées de deux trous à la tête ; on les posait comme nos ardoises d'aujourd'hui. Paris avait alors ses fabriques de tuiles. Plus tard, (vers 1,500), des tuileries existaient à l'endroit où fut bâti ensuite le château royal qui porte encore leur nom. C'est à partir de la fin du XVe siècle que l'on voit tout à coup décroître l'art du tuilier, qui ne fabrique plus dès lors que les produits très-ordinaires que nous connaissons sous le nom de tuile de Bourgogne ou de Passy. Sous Louis XIV, on fabriquait aussi de la tuile au faubourg Saint-Antoine, mais elle était peu estimée, étant sujette à se feuilleter et à tomber en pourriture, probablement par l'action des gelées. A cette époque, on connaissait deux dimensions de tuiles, celles du grand et du petit moule. La tuile du grand moule portait 1 pied de long sur 8 pouces $^1/_2$ de large, on lui donnait 4 pouces de pureau. Celle du petit moule avait 9 à 10 pouces de long sur 5 pouces $^1/_2$ de large ; on lui donnait 3 pouces $\frac{1}{4}$ de pureau. Les tuiles, dit Daviler, pour être bonnes, doivent être bien cuites, bien droites, et doivent sonner clair lorsqu'on les frappe. Il y avait aussi, du temps de l'architecte que nous citons, des tuiles creuses ou *flamandes*, dont on faisait peu d'usage. On posait la tuile ordinaire sur un lattis de 2 pouces de large sur 4 pieds de long. On employait aussi des contre-lattes de même force. Pour clore ces quelques lignes consacrées à la couverture, nous parlerons de l'emploi que les architectes des siècles précédents ont fait du cuivre pour recouvrir les édifices. Ils l'employaient assez rarement, en tables minces d'environ 2 pieds de large, et les assemblaient par des replis qui formaient des arêtes, afin de faciliter l'écoulement des eaux pluviales. Le procédé qu'ils employaient a été copié par nos ouvriers zingueurs qui n'y ont ajouté que la disposition dite à dilatation libre, progrès du reste, très-considérable. Louis XIV fit ainsi couvrir l'aile droite du château de Versailles.

Le pavage. — Après la fondation des monarchies modernes qui succédèrent à l'Empire d'occident, les villes furent longtemps sans être pavées, et la première qui jouit de cette grande commodité fut celle de Cordoue, qu'Abdularhman, prince arabe, fit paver en 850. Ce ne fut que vers 1185, que Philippe-Auguste fit faire aux prévots et aux bourgeois de Paris les premiers frais du pavage de cette capitale (1). Ce pavage fut fait en grandes pierres plates ou

(1) Le sol du palais de Philippe-Auguste était nu ; au lieu de parquets ou d'autres revêtements, on n'y trouvait que de la paille. C'est ce que prouve une lettre de ce

grosses dalles de grès de 3 pieds $1/2$ de largeur sur 6 pouces environ d'épaisseur. Elles étaient scellées en mortier de chaux et sable. Nous ne dirons qu'un mot du pavage employé après le XIIe siècle. Il consistait encore en blocs de pierre dure, ou en cubes de grès posés sur le sol en en croisant les joints, ainsi que nous le faisons aujourd'hui.

Sous Henri IV, la plupart des rues de Paris n'étaient pavées que d'un côté, ou ne l'étaient pas du tout ; on y rencontrait de loin en loin, des cloaques puants, des amas de gravois et d'immondices. Cette partie de la police qui comprend le nettoyage des villes était fort mal administrée ; on construisait de vastes et magnifiques édifices que l'on ne pouvait aborder qu'à travers les dangers et les souillures. Telle était l'indifférence des gouvernements pour la salubrité des habitants, qu'une maladie contagieuse qu'on appelait la peste éclatait presque tous les ans, amenée par cet état de choses vicieux, reste de la barbarie.

La peinture, les verres, etc. — La peinture au moyen âge était très-employée, surtout pour la décoration des édifices religieux. Ceux qui ont été édifiés sous les Carlovingiens étaient peints à l'intérieur, murs et voutes. La cathédrale de Reims avait été ainsi embellie par les peintres de très-bonne heure. Mais leurs peintures ne consistaient guère qu'en badigeonnages blancs ou jaunâtres sur lesquels ils appliquaient des dessins en ocre.

Au XIIe siècle, nous apprend M. Viollet-le-Duc, les tons s'harmonisent. Les couleurs dominantes étaient alors l'ocre jaune, le brun rouge clair, le vert, le rose, le violet, le bleu. L'or était employé en points brillants. Les divers procédés de peinture employés étaient la peinture à la colle, à l'œuf, et plus tard à l'huile. *Théophile le moine ou le prêtre*, qui vivait au XIIe siècle a laissé un ouvrage curieux intitulé : *Diversarum artium schadula* (1), dans lequel il traite de la peinture, des couleurs à employer sur les murs, la toile, le bois, le vélin ; de l'art de peindre sur verre, des mosaïques à cristaux colorés, etc. Il y donne diverses recettes pour mêler les couleurs. Nous reproduisons la suivante :

« Prenez de la gomme qui découle du cerisier et du prunier, et la coupant par petites parcelles, placez-la dans un vase de terre ; versez de l'eau abondamment, puis exposez au soleil, ou bien en hiver sur un feu doux jusqu'à ce que la gomme se liquéfie. Mêlez soigneusement au moyen d'une baguette, passez à travers un linge, broyez les couleurs (2), et appliquez-les. Toutes les couleurs et leurs mélanges peuvent être broyés et posés à l'aide de cette gomme excepté le minium, la céruse et le carmin qui doivent se broyer et s'appliquer avec du blanc d'œuf. »

Une autre recette, plus curieuse encore pour les personnes du métier, indique l'art de mêler les couleurs à l'huile de lin, et de les sécher sans le secours du soleil. Les peintures à la gomme, ou même à l'huile étaient habituellement recouvertes d'un enduit composé de gomme arabique dissoute à chaud dans l'huile de lin, ce qui donnait à ces peintures un éclat extraordinaire. Le composé dont nous venons de parler n'était pas autre chose qu'un vernis. En 1355, Charles V donnait l'ordre de réparer le château de Vaudreuil. Il nous est resté de ce fait, un devis de peinture dressé par Jehan Coste ; ce travail écrit prouve que le procédé de la peinture à l'huile était connu à cette époque en France.

Aux XIIe et XIIIe siècle, on fabriquait en grand nombre les verres coloriés. Les vitraux datant de ces époques, et que l'on peut voir encore dans nos vieilles

monarque qui porte une concession faite à l'Hôtel-Dieu de toute la paille qui se trouvait dans sa chambre et dans sa maison de Paris, lorsqu'il quittait cette ville pour aller coucher ailleurs. Plus tard on pava les chambres des châteaux.

(1) Traduit en français par l'Escalopier, 1843.

(2) Avec.

cathédrales sont revêtis dans des plombs poussés au rabot, et non étirés à la filière. Ils sont assujettis sur des tringlettes en fer arrêtées elles-mêmes sur des armatures en fer forgé qui ont la forme de la verrière.

Les verres étaient peu employés dans les maisons particulières au moyen âge. On voit au XIIe siècle que les volets vitrés appelés improprement des *croisées*, étaient garnis de carreaux en papier huilé. L'art du verrier déclina à partir du XIVe siècle. Au XVIIe siècle, on distinguait deux sortes de verres à vitres, c'est-à-dire le commun et le blanc. On les enchassait encore dans des plombs pour les appartements un peu considérables, dit Daviler; ceux des moindres logements et des contre-chassis d'hiver étaient mis en papier, c'est-à dire arrêtés par des bandes collées. On ne connaissait donc pas l'emploi du mastic à cette époque. Dans ce même temps, on employait principalement la couleur suivante : le *blanc de céruse*; il s'employait à l'huile, et pour le détremper après l'avoir broyé, on y ajoutait un *poisson* d'huile de noix par livre, ou un *demi-poisson* avec autant d'huile de térébenthine. On connaissait aussi un autre blanc, dit *blanc de Rouen*, qui s'employait à la détrempe avec la colle de gants, mais la seconde couche était faite avec le blanc de céruse.

Le *blanc des Carmes*, servait à badigeonner à la chaux. On y ajoutait de l'alun; quand on avait appliqué cinq ou six couches de cette peinture sur les murs, et qu'elle était bien sèche, on y passait la main avec un gant pour la rendre plus luisante. Le *jaune* était un composé d'ocre. Il s'employait à l'huile et en détrempe. La *couleur d'olive* était un composé d'ocre jaune, de blanc et de noir de charbon. Enfin le brun-rouge, le bleu, le vert de montagne, le vert de gris, sont les couleurs les plus connues de ce temps. On les employait avec l'huile de noix que l'on trouvait meilleure que l'huile de lin, et l'on se servait d'huile grasse, de mine de plomb et de couperose, pour les faire sécher, lorsqu'elles étaient couchées sur la pierre, le plâtre, le bois, le fer et le plomb. Tout ce qui était exposé à l'air se peignait à l'huile. Lorsque la menuiserie était finie, et que le bois en était d'une belle couleur, on y donnait seulement, dit Daviler, quelques couches de vernis, qui se faisait avec de la gomme adragante et l'esprit de vin, après y avoir passé une colle de gants, ainsi que pour le vernis de Venise. On fait aussi, ajoute le même auteur, un vernis d'huile grasse et de litharge bouillis ensemble, lorsque les lieux sont humides, et pour le dehors. La dorure dans les appartements, se faisait en employant les feuilles d'or appliquées sur une préparation qui n'était autre chose qu'une couche d'ocre blanc ou de rouge brun. Deux impressions étaient faites sur les bois, et trois sur les plombs. Mais sur les fers, on en donnait cinq ou six, dont la première était de blanc fort léger, et les autres d'ocre ou de rouge brun, sur quoi on posait l'or. Quand à l'or bruni sur les bois, on appliquait d'abord par l'objet à dorer cinq ou six couches légères de blanc, puis une assiette composée de bol d'Arménie.

La peinture en décors, qui est parvenue de nos jours, à un grand degré de perfection était en usage au XVe siècle. On imitait le bronze de trois manières, savoir : rougeâtre, jaunâtre et verdâtre. Pour faire le bronze, on se servait de cuivre battu et broyé, qui plus il est au feu, dit Daviler, plus il rougit. Cette couleur, ajoute-t-il, se peut employer sur le plâtre, le bois, le fer et le plomb. Pour le rendre rougeâtre, on y mêle du rouge brun; pour le faire jaunâtre, on fait la couche d'ocre jaune pure; enfin lorsqu'on veut le faire verdâtre, et ressembler au bronze antique, il faut y passer une couleur d'ocre jaune avec du noir d'os.

Non-seulement la peinture imitait les métaux, mais elle représentait le marbres. Le célèbre architecte qui vient d'être cité recommande dans son livre d'observer de ne point feindre de marbre ce qui n'en peut être effectivement comme les vantaux de portes et les *guichets des croisées*.

Le procédé de la dorure au mercure sur les métaux était connu chez les anciens, car Pline le décrit. On sait qu'il consiste à recouvrir les objets d'une couche d'or dissous par le mercure, et a exposer le tout à la chaleur. Sous l'action du feu, le mercure se volatilise et le métal précieux reste seul adhérent aux parties sur lesquelles on a appliqué l'amalgame. Cette dorure a été employée jusqu'au moment où l'on découvrit l'art de la galvanoplastie.

Les papiers peints. — Les papiers peints, qui constituent une décoration très-économique, nous viennent de la Chine, comme tant d'autres industries. Ce sont les Hollandais qui en ont fait connaître les produits à l'Europe ; mais c'est à Rouen que paraît avoir été établie la première manufacture de ce genre, vers la fin du XVIIe siècle. Toutefois, cette industrie n'a réellement pris un grand essor en France que lorsque Reveillon l'eut introduite à Paris, quelques années avant la Révolution.

Dès l'origine de cette industrie, les papiers peints se fabriquèrent exactement comme au commencement de ce siècle. On commençait par faire le fond, c'est-à-dire par donner au papier une teinte uniforme en passant sur toute sa surface une brosse à longs poils trempée dans la couleur. On faisait ensuite sécher le papier qui était alors lissé à l'aide d'une pierre polie promenée sur le côté opposé au fond, puis on le satinait en couvrant le même fond de craie de Briançon, en poudre très-fine et en frottant avec une brosse. Le papier pouvait alors recevoir l'impression proprement dite qui s'exécutait au moyen de blocs. L'ouvrier prenait une planche de bois sur laquelle les dessins étaient tracés en relief par des peties lames de cuivre, la chargeait de couleurs et l'appliquait immédiatement sur le papier soumis ensuite à la pression. La planche ayant produit son effet, était garnie de nouveau de couleur et appliquée à la suite du dessin précédent. Il y avait autant de planches que de couleurs, et ces planches s'appliquaient successivement et isolément.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces procédés de fabrication du reste, assez connue de la plupart de nos lecteurs.

III. Epoque actuelle. — Outillage et engins nouveaux.

Depuis le commencement de ce siècle, une révolution considérable s'est faite dans le système de l'outillage de la construction. Le génie de la mécanique qui a atteint, dans ces derniers temps, des hauteurs que l'homme n'avait jamais connues, a délogé la routine de nos ateliers ; on est émerveillé du tableau admirable que le progrès déroule devant nos yeux lorsque nous entrons dans une usine, ou que nous pénétrons dans l'un de nos chantiers. Nous touchons de bien près à l'époque bénie ou la machine devra épargner au travailleur les besognes épuisantes qui annulent ses facultés intellectuelles en détruisant journellement ses forces physiques.

Grâce à des outils nouveaux, et dans la plupart des métiers qui nous occupent, l'ouvrier peut, dès maintenant, accomplir son œuvre quotidienne avec plus de rapidité et de perfection. Il arrivera un moment où il n'aura plus, pour ainsi dire, dans bien des cas, qu'à approvisionner le moteur et à surveiller la marche de l'outil qui saura scier, tailler, buriner, raboter et limer à la place de l'artisan, pour produire avec moins d'efforts et à meilleur marché. La période qui nous sépare du siécle dernier a été tellement féconde au point de vue de la création des engins mécaniques, qu'elle a produit plus de résultats à elle seule, que les siècles qui composèrent le moyen âge, la Renaissance et les époques

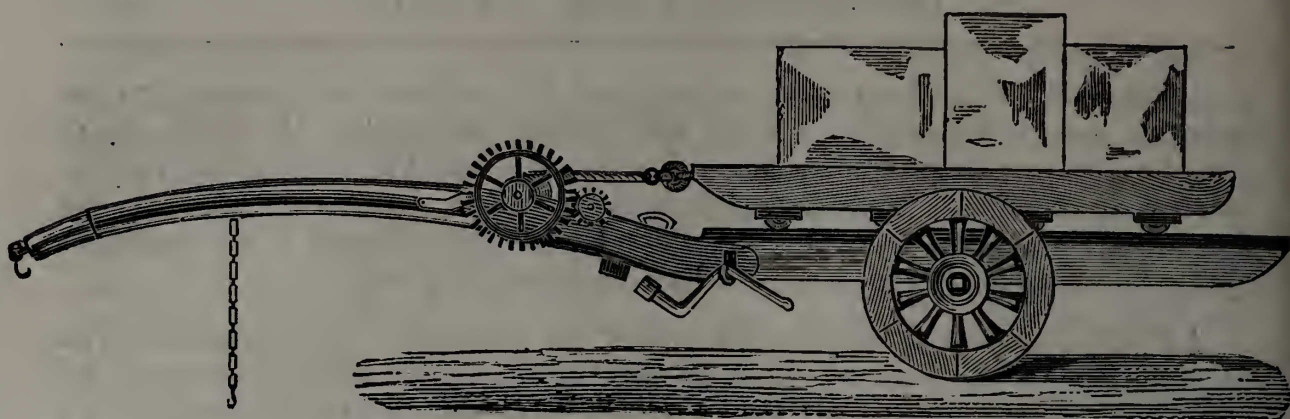


Fig. 9. — Binard à plateau mobile.

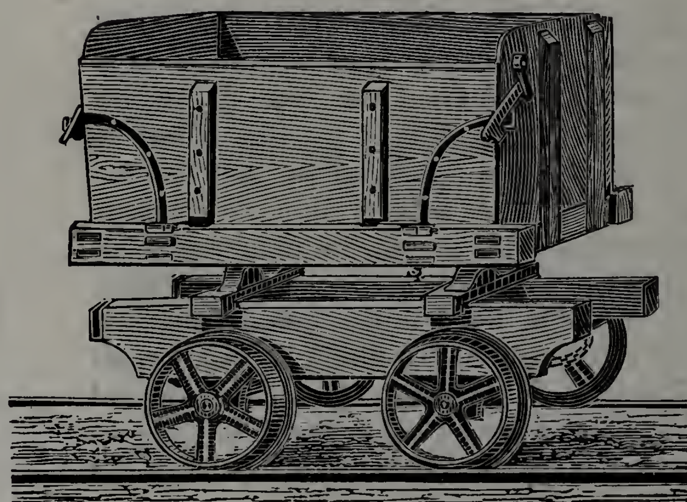
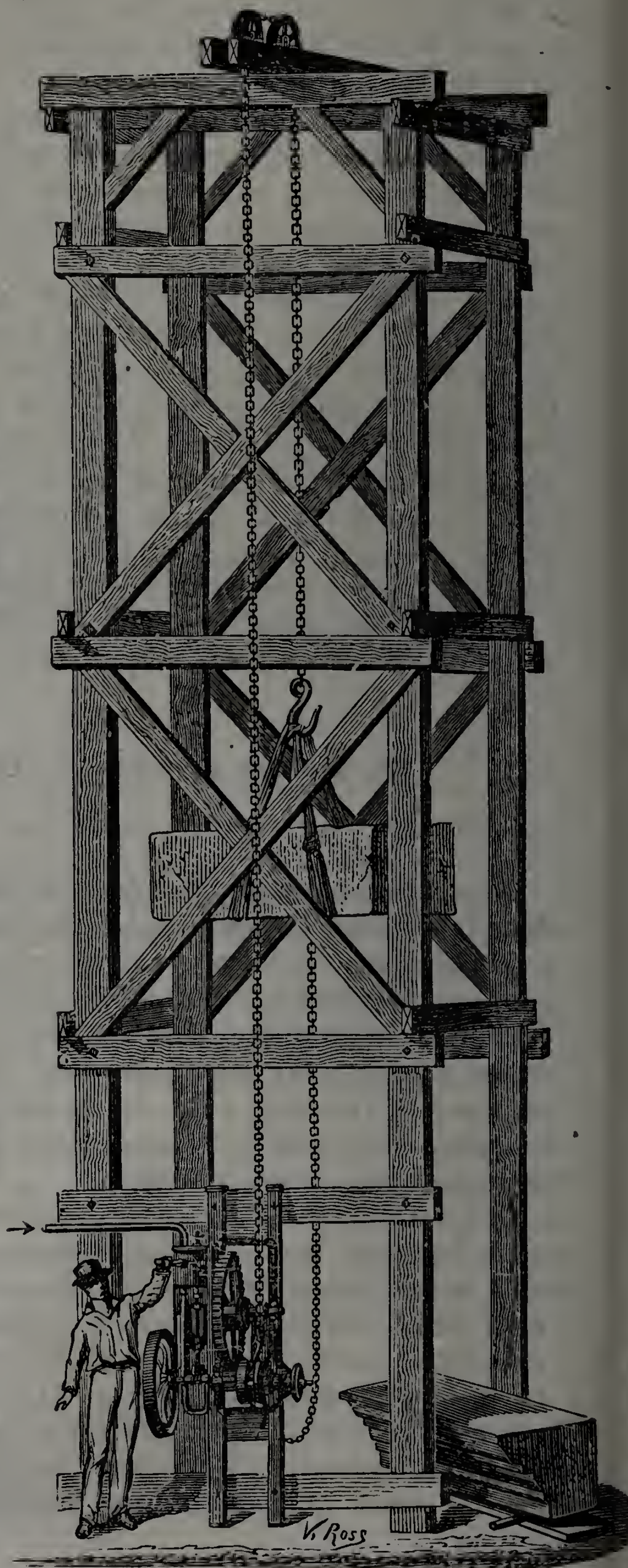


Fig. 5. — Wagonnet à bascule et à côtés mobiles.



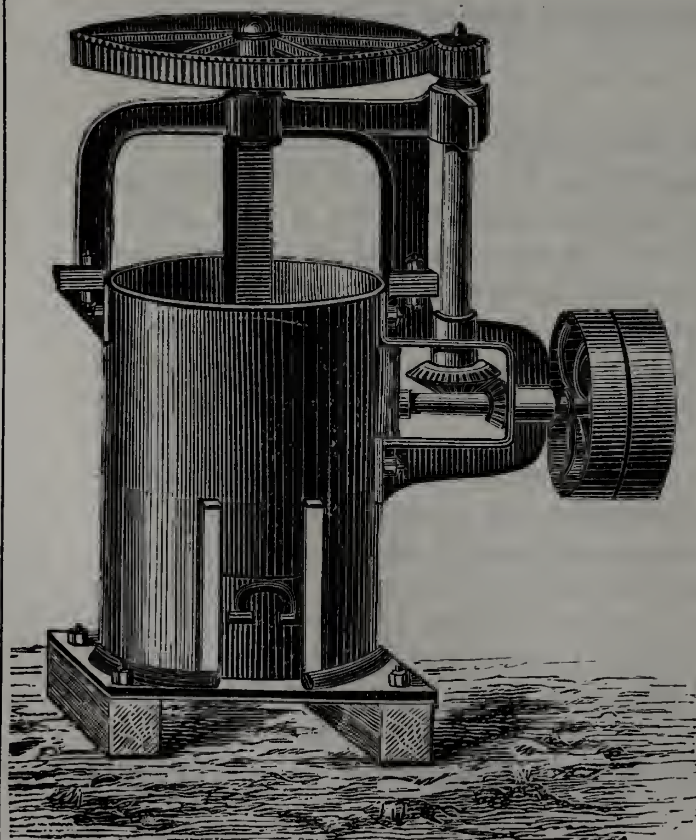


Fig. 6. — Broyeur à mortier.

Fig. 8. — Monte-charge ou sapine.

suivantes. Nous allons successivement étudier les moyens ingénieux qui remplacent les procédés barbares de nos devanciers. Le lecteur a retrouvé ensuite dans les salles de l'Exposition, la plupart des outils et des instruments dont nous allons faire rapidement et succintement la description, et que nous repas serons ensuite en revue s'il y a lieu, à la place qu'ils occupent (1).

Les outils de nos chantiers. — Dans l'étude rétrospective à laquelle nous venons de nous livrer, nous n'avons vu qu'un seul moteur : le bras de l'homme. A partir de l'application de la vapeur aux arts industriels, nous voyons ce moteur primitif diminuer graduellement d'importance. La *machine fixe*, de divers systèmes, s'installe dans nos ateliers ; plus tard, les *locomobiles*, les *moteurs à gaz*, *à air comprimé*, s'emploient dans nos terrassements et sur nos chantiers. Les machines portatives dont nous parlons, mettent en mouvement, sur l'emplacement lui-même, de puissants engins qui fouillent le terrain, montent les matériaux, économisent le temps, font de la besogne sûre. Les *pompes d'épuisement*, les *machines à fabriquer le mortier*, les *grues*, les *appareils élévatoires*, tout cela obéit sans bruit et fonctionne admirablement, ne réclamant plus de l'homme qu'une simple surveillance, et une alimentation suffisante. Le moteur mobile se renferme, dans ce cas, un abri provisoire le protége contre les intempéries; dans les grands travaux, c'est de là qu'il opère la traction des *wagons* qui remplacent l'antique tombereau. Un wagonnet à bascule et à côtés mobiles, construit comme on le voit à la fig. 5, page 276, rend les plus grands services à nos terrassiers, à nos appareilleurs, à nos maçons.

Le *broyeur à mortier*, fig. 6, page 276, a été inventé, vers 1848, par M. Schlosser, serrurier-mécanicien que nous avons vu figurer encore à l'Exposition de 1878, dans l'annexe de la Galerie des machines, où il a exposé un appareil à fabriquer les poteries de bâtiment. Il se composait, à l'origine d'un tonneau de grande capacité, dans lequel on versait l'eau, la chaux et le sable, dans les proportions habituelles; à son extrémité basse, il était muni d'une porte qui laissait échapper le mélange, lorsque l'amalgame avait eu lieu. Au centre de la tonne, était placé un arbre mû par un volant de tête, et qui portait, par le bas, plusieurs lames de fer disposées en ordre spiral; en obéissant au mouvement de rotation imprimé à l'arbre, ces lames opéraient le mélange.La machine dont nous donnons le dessin,(fig. 6) est construite suivant un procédé identique, mais elle est perfectionnée. Tout le monde a vu avant cette invention, faire du mortier à l'aide de la *griffe* et du rabot, longs outils primitifs et singulièrement imparfaits disparus pour ne jamais revenir.

La *betonnière*, dont il est inutile de donner un dessin, tant sa composition est simple et son usage répandu, est dûe au même inventeur qui, en principe, la fit consister en un tube de bois ou coffre rectangulaire, dans l'intérieur duquel étaient disposées des séparations incomplètes qui ne permettaient aux cailloux et au mortier qu'un passage restreint, et calculé de manière à permettre le mélange de ces divers éléments du béton. On inclinait la bétonnière dans la fouille du bâtiment qui devait s'y élever; des manœuvres la chargeaient, sans s'interrompre, par son embouchure placée au niveau du sol; le mélange sortait au bout d'un instant par le bas de la machine qui reposait dans la rigole elle-même, logement préparé pour l'encaissement du béton. Aujourd'hui, la bétonnière se fabrique en forte tôle rivée; elle a la forme d'un gros cylindre; son extrémité basse est tronconique. On la pose verticalement, le système intérieur est encore celui que nous venons de décrire.

(1) Voir l'étude intitulée : *Machines outils à travailler le bois et les métaux*, par M. F. Husson.

La *grue*, que nous avons vu apparaître de bonne heure chez les anciens, a été modifiée; elle est devenue plus puissante, et en même temps plus légère. Les bâtis de ces engins se font généralement en fonte; ils tournent sur un pivot, de façon à présenter leurs moufles d'enlevage sur tous les points de la circonférence qu'ils décrivent. Les *machines élévatoires* les plus simples employées dans la construction des bâtiments, sont les *treuils* (fig. 7, représentant un treuil construit dans les ateliers de MM. Sautter, Lemonnier et Cie); cet instrument s'arrête sans choc, sa descente est régulière et sa vitesse se détermine à volonté. On peut au besoin, y appliquer une petite machine à vapeur boulonnée sur ses bâtis. (Ce treuil fonctionnait dans la grande galerie des machines, section française).

Un treuil ainsi composé se placera facilement au bas de l'appareil auquel nous donnons le nom de *sapine*, et que d'autres connaissent sous celui de monte-charge; on voit, d'après le croquis que nous en donnons fig. 8, page 279, qu'il se compose de grosses charpentes établies verticalement sur le sol, de façon à former comme une espèce de gigantesque cage, retenue dans sa longueur par des assemblages transversaux, et permettant d'établir, à chacun des étages de la construction, un plancher mobile destiné à recevoir les matériaux à leur arrivée. Tout en haut de la cage, sont attachés de grosses moufles qui reçoivent les chaînes du treuil, et en facilitent le jeu. C'est ainsi que depuis trente ans et plus, nos constructeurs parisiens montent leurs pierres et tous les objets utiles jusqu'au faîte de leurs bâtiments. S'il s'agit de transporter de lourdes charges, comme de gros cubes de pierre, par exemple, du chantier où s'opère la taille à pied d'œuvre, l'entrepreneur actuel possède des auxiliaires précieux. Tel est le *binard à plateau mobile* dû à M. Beaufils; on voit que les opérations de chargement et de déchargement sont, grâce à ce système, devenues très-faciles, puisque dans le premier cas, le plateau est attiré sur le charriot par la force du treuil, et que dans le second cas, on n'a guère qu'à régulariser le glissement sur un plan incliné. Ce binard est représenté à la fig. 9, page 276.

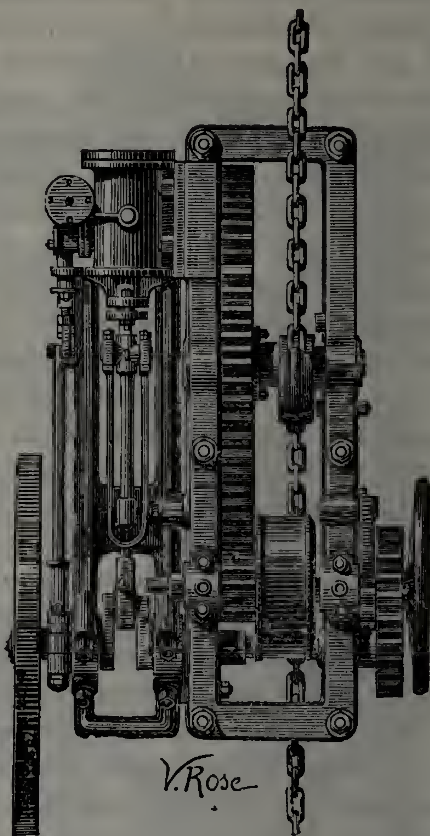


Fig. 7. — Treuil de M. Sautter, Lemonnier et Cie.

Quand cet entrepreneur se trouve en présence d'un travail de premier ordre, au point de vue de l'importance en surface surtout, il établit des *chemins de fer à voie étroite*, dont les petits wagons peuvent circuler même sur les murs en construction. Dans les endroits moins resserrés, les wagonnets circulent dans tous les sens, et des plaques tournantes installées suivant les besoins du service, les font tourner à volonté.

Les *scies à diviser la pierre* peuvent être mues par la vapeur, leurs lames sont alors ou horizontales, ou verticales, ayant la forme généralement connue ou celle de la fraise (espèce de scie circulaire employée pour diviser les bois et les métaux). Mais il faut dire que l'application de ces machines est très-peu répandue en France, ce qui ne se comprend guère. D'autres machines destinées à dresser, à tailler, à moulurer la pierre, et pour la plupart d'invention anglaise, ont fait leur apparition depuis quelques années seulement. Nous avons retrouvé leurs différents inventeurs à l'Exposition de 1878.

La maçonnerie. — Nous venons de passer rapidement en revue les principales machines nouvelles applicables aux travaux de la maçonnerie. Nous nous réservons d'approfondir cette étude dans le chapitre suivant. Quant aux procédés d'état employés nouvellement par cette branche de l'industrie du bâtiment, ils sont peu nombreux. Les règles principales du métier sont restées à peu de chose près, celles que nous avons déjà examinées, sauf en ce qui touche d'abord l'emploi des engins que nous venons de décrire, et ensuite la forme qui a été donnée depuis peu à certains matériaux, comme la brique creuse, par exemple.

Un changement très-considérable a cependant eu lieu dans le travail des cheminées qui autrefois, se construisaient avec des coffres à fumée en *pigeonnage*, ou languettes de plâtre. Aujourd'hui, ces coffres, qui sont du reste interdits dans les grandes villes parce qu'ils pouvaient déterminer l'incendie, sont remplacés par des tuyaux de terre cuite de diverses formes que l'on appelle aussi *boisseaux.* Des briques moulées spécialement sur différents types, et dont l'une s'appelle *chapeau de commissaire*, tandis que l'autre se nomme *violon*, ont été aussi imaginées pour établir des conduits de fumée. Enfin, parmi les nombreux systèmes employés à présent, citons les tuyaux ferrugineux économiques de M. Grosset et d'autres fabricants, qui les composent de plâtre avec des grillages informes renfermés à l'intérieur du moulage.

Dans les siècles précédents, l'emploi du *carrelage* était très-répandu. Aujourd'hui, c'est tout le contraire ; le parquet le remplace généralement dans toutes les pièces de nos habitations, sauf les cuisines et les chambres très-secondaires. Mais pour cela, le carrelage décoratif n'a pas disparu, et nous en avons retrouvé de très-beaux spécimens à l'Exposition ; du reste, il orne encore les vestibules de nos maisons actuelles, ainsi qu'une nouvelle mosaïque que nous devons signaler. Elle est composée d'une grande quantité de petits cubes de marbre et de pierres dures de différents coloris ; on les assemble suivant le dessin polychrôme arrêté d'avance, en les scellant avec un mortier de ciment, puis on les dresse en les usant avec des grès, et on leur donne le poli. Nous verrons plus loin, que l'Angleterre et la Belgique fabriquent des carrelages remarquables ; ils sont généralement en ciment fortement comprimé ; leurs incrustations sont profondes, ne faisant qu'un corps avec la matière principale. Ces carreaux peuvent rivaliser, au point de vue de la richesse de l'ornementation, avec ceux qui nous sont restés du moyen âge.

Parmi les autres procédés nouveaux dont se servent nos maçons, nous signalerons leurs ouvrages nécessités par l'introduction du fer dans les charpentes de bâtiment. Au hourdis creux des planchers en bois, faits comme on le sait, à l'aide du bardeau et de la latte, il a fallu substituer d'autres travaux appropriés à la forme nouvelle de la partie de construction imaginée par les novateurs. On a eu recours en premier lieu à l'emploi des *hourdis pleins*, dont on se sert encore, parce que ce procédé est simple et peu coûteux ; mais il a entre autres désavantages, l'inconvénient très-grand d'être un excellent conducteur du son. Avec les cloisons légères, qui servent souvent d'unique séparation entre les divers appartements du même étage, les hourdis pleins des planchers complètent un système déplorable au point de vue de la communauté forcée que cet ensemble amène. A Paris, les neuf dixièmes au moins des constructions nouvelles présentent ce désavantage qui désespère les hommes d'étude, les malades, enfin tout ceux qui ont besoin de tranquillité.

On sait que le hourdis plein n'est autre chose qu'un remplissage en plâtra posé à sec sur lesquels on coule du plâtre pur ; cette opération a lieu sur des planches que l'on pose, aussi jointives que possible au moyen d'*étrésillons* (ou petits étais placés debout), au-dessous du plancher que l'on hourde, c'est-à-dire à l'endroit même qu'occupera le plafond. On retire les planches, aussitôt que

les plâtres sont pris; on coule sur ce remplissage un nouveau bain de plâtre pur, en donnant au hourdis, la forme d'un auget, comme il est indiqué à la fig. 2, de la pl. 2, de notre étude sur la serrurerie. D'autres hourdis ont été imaginés pour obvier au grave défaut de sonorité que nous venons de signaler. Parmi les meilleurs procédés employés pour hourder les planchers métalliques, citons les remplissages en poteries creuses, en briques pleines et creuses, en tubes de plâtre, etc., etc. Nous renvoyons, pour le détail de ces ouvrages, à notre *Etude sur la Serrurerie*, et nous nous contenterons de dire ici, que pour détruire la fâcheuse conductibilité dont nous parlons, il faut établir, dans l'épaisseur d'un plancher, au moins deux couches d'air distinctes.

La charpente en fer, la serrurerie. — Le fait le plus saillant qu'offre la charpente moderne, c'est l'introduction du fer dans la construction de nos bâtiments et de nos édifices. Ce métal tend à y jouer un rôle de plus en plus important. Devant ses empiètements successifs, le bois disparaît de jour en jour. Le charpentier voit ainsi son art, si important autrefois, disparaître au profit de celui du serrurier d'aujourd'hui, qu'il serait beaucoup plus juste, comme nous l'avons souvent dit d'appeler *ferronnier*. En effet, le serrurier actuel fabrique non-seulement nos planchers, nos combles de bâtiments, mais encore des murailles et des pans de fer; il construit les couvertures immenses des halles, des marchés, des gares de chemins de fer, les ponts tubulaires et beaucoup d'autres ouvrages très-considérables. Son industrie nouvelle, fait encore une redoutable concurrence à d'autres métiers qu'à celui du charpentier; on le voit d'après l'énumération qui précède de ses ouvrages. Ces importants travaux qui ne coûtent pas beaucoup plus cher, dans bien des cas, que ceux qu'ils remplacent au grand profit de la légèreté et de l'élégance, ont nécessité un outillage tout nouveau et des plus puissants, que le serrurier ou plutôt le ferronnier a demandé au génie de la mécanique.

Supposons un moment qu'un serrurier d'il y a cent ans, surgisse tout-à-coup au milieu de l'une de nos usines dans laquelle se fabriquent ces gigantesques travaux qui composent nos charpentes en fer. Il y pénètre, dans cet asile sévère, ou le travail seul règne en souverain. Les machines mugissent de tous les côtés, des outils inconnus fonctionnent, sans aide apparent autour de lui, sans qu'il puisse se rendre compte de leur marche; son esprit vole de surprise en surprise: il mesure l'immense étendue des ateliers, la force étonnante d'un moteur étrange, la puissance des feux et des outils qui se jouent de la résistance des métaux les plus durs. Il fait alors un retour sur lui-même, et en revoyant sa petite boutique enfumée de 1778, dans laquelle on comptait à peine deux ou trois étaux et une forge souvent à moitié démolie, il s'incline devant le génie du XIXe siècle, qui a créé tant de prodiges.

Après avoir examiné les divers ouvrages en construction dans l'atelier ou plutôt l'usine de celui qu'il n'ose plus considérer comme son remplaçant dans l'industrie qui l'a fait vivre jadis, il entre dans les bureaux, et bientôt il est encore plus stupéfait, car il découvre que pour se mettre au niveau des progrès de ce temps, le serrurier s'est transformé en ingénieur. Lisant par dessus son épaule, il verra que ce dernier se livre à des calculs qui pour lui, sont pire que du grec. Afin de préparer un bon travail, le serrurier-constructeur calcule, dans ce moment où il est examiné sans le savoir, les résistances à la traction et à la compression, en appliquant les coefficients de sécurité dont la formule a été indiquée par les Joly d'Argenteuil!

Le vieux serrurier d'autrefois, devenu de plus en plus curieux, ouvre un livre (1). Il y voit qu'aucune partie de construction en fer, ne doit être soumise

(1) Le conducteur des Ponts-et-Chaussées.

à un effort maximum de plus de 6 kilog., par millimètre carré de section, qu'il s'agisse de traction ou de compression; que cette limite est surtout applicable à la construction des ponts qui sont exposés à des vibrations considérables; que l'on peut, dans certains cas, l'augmenter sans compromettre pour cela la sécurité des constructions à faire; enfin que le coefficient doit aussi résulter de la qualité des fers employés. Mais laissons-le continuer sa lecture instructive qui lui apprendra encore, que l'on fait travailler le fer composant les planchers à raison de 10 kilog., c'est-à-dire entre le tiers et le quart de sa résistance absolue, qui est égale à 3,475 kilog, par centimètre carré pour les fers à double T ordinaires. La valeur de ce coefficient de sécurité est justifiée par les applications qu'on en a faites à l'Hôtel du Louvre et au Grand-Hôtel, que notre homme ne connaît guère. En effet, dans la plupart des cas, les poids permanents du fer, du hourdage et du parquet sont à peu près égaux aux surcharges accidentelles, en sorte que le travail permanent est le plus souvent réduit à 5 ou 6 kilog. Les barres prennent une flèche momentanée de $^1/_{300}$ de leur longueur, sous l'action des charges correspondantes au coefficient de 10 kilog.; il est prudent de ne pas dépasser cette flexion.

Pour les poutres et poitrails, le coefficient de sécurité ne doit être que de 8 kilog., dans la construction des grands planchers avec poutres en tôle, car une flèche de $^1/_{300}$ serait alors trop considérable. On doit appliquer le coefficient de 6 kilog., pour les poutres et poitrails, soit en tôles et cornières, soit en fer à double T, employés dans les bâtiments pour ménager de grandes ouvertures aux boutiques des rez-de-chaussée, car elles sont soumises à des charges considérables, et l'on doit avant tout éviter les tassements.

Petit à petit, notre ancien maître a compris ces choses qui lui avaient paru si étranges au premier abord. Son intelligence se réveille; il poursuit ses recherches, et c'est en s'émerveillant de plus en plus qu'il découvre que la valeur du coefficient d'élasticité doit être égale à 18 milliards de kilog., par mètre carré pour le calcul des flèches que prennent les barres de fer soumises à un effort de flexion. Ces chiffres lui paraissent fabuleux, mais ils sont justifiés par des expériences; ainsi pour la traction directe des tôles, cornières et fers plats employés dans la construction des poutres, le vieil écolier éclos dans notre imagination, voit qu'il a été trouvé comme moyenne de résistance à la rupture:

1° Pour les tôles étirées parallèlement au laminage. .	3,450	kilog.,	par centim.,	carré.
2° Pour les cornières.	3,450	—	—	—
3° Pour les fers plats laminés de grande largeur, employés pour semelles de poutres.	3,600	—	—	—
4° Pour les tôles étirées perpendiculairement au laminage	3,150	—	—	—

Pour le coup, le revenant de 1778, s'enfuira, éperdu, lui qui de son temps, était cité par les plus habiles, comme un exemple, parce qu'il savait dresser lui-même ses notes de travaux dans lesquels on retrouvait à chaque instant les termes ampoulés, mais fructueux de *sujétion* et de *difficulté* appliqués à des réparations de serrures. Mais laissons cette fiction dont l'idée nous est souvent apparue au milieu des vastes ateliers d'aujourd'hui qui paraîtront peut-être mesquins à ceux qui viendront après nous, et poursuivons nos études pratiques.

Pour couper, percer, raboter les fers aux sections énormes que les forges françaises sont parvenues à fabriquer, le serrurier-constructeur a installé, dans ses ateliers, un moteur fixe, ou tout au moins une locomobile qui fait mouvoir divers outils dont le travail équivaut quelquefois à celui de cent bras, et parmi lesquels il nous faut citer les suivants:

Le *ventilateur*, machine rotatoire dans l'intérieur de laquelle l'air est poussé

par des palettes. Il se compose généralement d'un coffre ou tambour en fonte, dans lequel sont assemblées quatre ailes tournantes formées de plaques de tôle et montées sur un axe horizontal (1). Quand le ventilateur fonctionne, l'air pénètre dans le tambour par les ouvertures situées près de l'axe, et il est vivement lancé par les ailes ou palettes contre la circonférence interne de l'appareil ou il rencontre une autre ouverture qui le conduit à l'orifice ou porte-vent. Les ailes du ventilateur pourraient être droites, mais il est mieux de leur donner une courbure légère en sens opposé à celui dans lequel elles se meuvent, afin qu'elles abandonnent plus aisément l'air qui est en contact avec elles. Les machines de ce genre ont besoin d'être animées d'un mouvement rapide (15 à 1,800 tours par minute),le vent qu'elles fournissent est d'une régularité parfaite. Elles sont adaptées à un tuyau collecteur qui rejoint les tuyères des forges. Leur établissement est peu coûteux, elles demandent peu d'emplacement, leur installation est des plus faciles, aussi leur usage tend-il à se propager de plus en plus, au détriment de l'antique soufflet que notre revenant ne regretterait pas.

Les ateliers importants qui confectionnent les grosses pièces de forge, font figurer dans leur matériel, aussi bien que les usines à fabriquer le fer, les *martinets* et les *marteaux pilons*. Tout le monde pouvait, à l'Exposition de 1878, voir fonctionner, sous le nom de machines à frapper, ces instruments qui se composent d'une masse ou pilon de fonte pouvant peser jusqu'à 5,000 kilog., terminée à sa partie inférieure par un bloc aciéré. Cette masse se meut verticalement dans des coulisses fixées sur un solide bâti en fonte; elle pétrit le fer incandescent comme une pâte molle, et obéit, avec une exactitude sans pareille, au moindre mouvement de la main. On remarque encore, dans ces ateliers: la *poinçonneuse*, instrument à l'aide duquel le serrurier perce d'un seul coup les fers jusqu'à des épaisseurs formidables. Le poinçon obéit à un mouvement de va-et-vient vertical; il pénètre le métal par la force de la pression, et le perce ou le découpe sans effort et sans bruit. Quelques-uns de ces outils puissants ont leurs leviers armés d'une lame d'acier qui forme la cisaille; elle peut couper d'un seul coup les fers à double T qui entrent dans la composition des planchers et des combles en fer. L'appareil a alors un mouvement alternatif.

Pour manœuvrer les grosses pièces qui doivent être portées sous le pilon, ou sous les autres machines à travailler le fer, le serrurier d'aujourd'hui se sert des *grues tournantes*, à pivots, ou des autres appareils élévatoires dont il a été fait mention précédemment, et que le public pouvait examiner sur divers points de l'Exposition. A la machine à percer d'autrefois qui se composait tout simplement d'une potence, d'une vis à tête en forme de T, au bas de laquelle s'adaptait un fût armé du foret ou de la fraise, ont succédé les *machines à percer*, outils parfaits dont les plus humbles sont à volant et marchent à la main. Ces mêmes machines légèrement modifiées, sont mues par une machine quelconque.

Le serrurier emploie encore, pour la confection de ses grands ouvrages: la *machine à raboter*; l'*étau limeur*, autre raboteuse destinée au dressage des pièces de dimensions restreintes; les *meules* pour user et dresser les petites pièces, les blanchir et les polir; les *machines à cintrer*, qui produisent des courbes plus régulières que celles que l'on obtient par le travail de la main; les *cisailles*, les *machines à tarauder*, etc., etc.

Une industrie très-florissante autrefois et depuis longtemps oubliée, a été remise en faveur par le serrurier artistique d'aujourd'hui. Nous voulons parler du relevage en bosse, procédé à l'aide duquel le marteau de l'artisan transforme

(1) Voir pour le détail de ventilateurs plus compliqués, l'*Étude sur le chauffage et la ventilation*, par notre collaborateur, M. Wazon.

des feuilles de tôle en objets d'art. Les fleurons, culots, feuillages, cartouches, enfin les ornements de toute espèce peuvent être ainsi créés, en martelant; sur une masse de plomb, la feuille de métal que l'on fait recuire autant de fois que cela est nécessaire, et que l'on ménage le plus possible afin de ne pas l'endommager. Les emboutissages sur les deux faces donnent les concavités et les convexités indiquées par le dessin ; c'est ainsi que les anciens serruriers ont *relevé* et *repoussé* ces beaux ouvrages que nous admirons encore dans l'intérieur des châteaux, des églises et sur nos places publiques, et parmi lesquels nous citerons en première ligne, les riches appliques en relief des grilles de la place Stanislas de Nancy, dues au serrurier lorrain Jean Lamour.

Les procédés d'état du serrurier ont été sensiblement transformés depuis l'introduction des machines. Cependant, le travail de forge est resté à peu près ce qu'il était autrefois ; il peut produire plus facilement et beaucoup plus rapidement de grosses pièces, mais la façon de les souder, de les estamper, est restée la même. Les travaux d'ajustage ont, au contraire, subi une entière et complète révolution, le travail du burin et de la lime étant remplacé par celui du rabot de la machine, surtout pour les grandes surfaces. Quant aux perçages, ils s'opèrent avec une vitesse sans égale, soit que l'on débouche le trou avec le poinçon, soit que l'on se serve de la perçeuse dont le travail est plus précis et plus soigné. Enfin, les taraudages qui se faisaient autrefois avec la filière, les tarauds cylindriques et les tourne-à-gauche, à grands renforts de bras et aux grands détriments des muscles de l'artisan, ne sont plus qu'un jeu pour l'ouvrier qui dirige la *taraudeuse*, machine très-simple montée sur un banc, elle fonctionne avec une grande aisance et débite sa besogne très-vivement; ses tarauds sont tronconiques à cannelures pour entailler avec plus de sûreté et de régularité, aussi le filet obtenu est-il admirablement net.

Sur le chantier, le charpentier en fer se sert des moyens de levage qu'emploient les charpentiers en bois ; son outillage comprend, en dehors du matériel ordinaire de l'ajustage, une forge portative dont nous avons trouvé des spécimens très-réussis à l'Exposition. Nous n'examinerons pas davantage le travail de ce spécialiste que nous avons étudié ailleurs (1).

Ce ferronnier-constructeur, compose souvent de très-importants ouvrages qui sont formés de parois de tôles ou de fers plats reliés au moyen de cornières ou d'autres fers profilés, maintenus par une grande quantité de rivets à tête dont l'une d'elles est forgée d'avance. La deuxième tête de ce rivet est ordinairement refoulée lorsqu'il est en place, à l'aide du marteau et d'un outil à *bouteroller*, c'est-à-dire destiné à donner au rivet la forme convexe, ou si l'on aime mieux cette expression, la figure d'une petite calotte. C'est du moins de cette façon que l'on opérait autrefois pour river les grandes fermes composées des combles ou des planchers, les poutres et poutrelles des ponts, etc., etc. Mais la rivure à la main a plusieurs inconvénients parmi lesquels nous citerons le plus grave au point de vue pratique ; c'est que le plus souvent, faute d'une force suffisante, les tôles et les fers superposés ne sont pas absolument rapprochés, ce qui fait que le fer des rivets ne remplit pas exactement le vide. On conçoit qu'alors l'ajustement manque de justesse, de solidité et prête davantage à l'oxydation. Nous ne parlerons que pour mémoire du bruit assourdissant qui règne ordinairement dans les ateliers de construction, bruit dû au travail de la rivure à la main, et qui n'est pas sans inconvénient, surtout pour les ateliers placés au milieu d'une ville.

M. Émile Baudet, entrepreneur de serrurerie, a exposé (2) divers échantillons

(1) *Etude sur la serrurerie* : Charpente en fer, grosse ferronnerie.

(2) Dans les galeries du génie civil au Trocadéro, classe 66, ainsi que dans le bâtiment réservé au matériel des chemins de fer.

d'assemblages opérés par un système de rivetage par pression hydraulique; des dessins nous montrent ses ateliers et l'installation d'une puissante machine à river, dûe à l'anglais Tweddel. Cette machine, dit M. l'ingénieur Hallopeau, comporte le piston qui reçoit d'un accumulateur hydraulique, système Armstrong, modifié par M. Thomasset, une pression de 100 kilog., par centimètre carré, (100 atmosphères), ce qui correspond pour un piston d'une section de 400 millimètres à un effort sur la tête du rivet d'environ 40,000 kilog. Cet effort est reporté sur le rivet au moyen d'une sorte de mâchoire articulée dont l'une des parties s'appuie sur la tête du rivet, tandis que l'autre formant bouterolle presse fortement et emboutit l'extrémité de la tige du rivet.

On conçoit que sous l'énorme pression que nous venons d'indiquer, le fer du rivet soit refoulé, écrasé de telle sorte qu'il remplisse exactement le vide préparé, et qu'il serre très-fortement les diverses épaisseurs de fer qu'il s'agit de réunir, d'assembler. C'est ainsi que l'ingénieur dont nous venons de parler a vu river, dans d'excellentes conditions, dit-il, de grandes poutres de 42 mètres de longueur et de $2^{m},60$ de hauteur, dont les semelles de $0^{m},500$ de largeur, sont formées en certains points, de 5 feuilles de tôle de $0^{m},014$ et une cornière de $0^{m},014$, soit en totalité, une épaisseur à serrer de $0^{m},084$. La machine à river, est suspendue au crochet d'une grue à colonnes et le tout est disposé de façon à recevoir des mouvements de très-petite amplitude et combinés de manière à permettre de river dans toutes les positions. Nous sommes loin, on le voit, du procédé primitif de rivure, qui consistait tout simplement dans l'emploi d'un tas et d'un outil à masse d'acier recreusé suivant le diamètre de la tête à obtenir, et qui subissait l'action du marteau.

La charpente. — Le charpentier en bois, voyant son métier perdre de plus en plus d'importance, n'a guère fait varier son outillage et ses procédés d'état. Il est regrettable d'être obligé de dire qu'il n'étudie plus comme autrefois la géométrie; les ouvriers professeurs qui enseignaient remarquablement la coupe des bois ont disparu. C'est avec peine que nous constatons cet évanouissement d'une science réputée inutile, bien à tort, par nos modernes charpentiers effrayés de l'accroissement journalier de l'emploi du fer. Encore, ces ouvriers restés cependant habiles et ingénieux, malgré l'absence de bonnes études théoriques, ont-ils une excuse presque valable à invoquer. Il n'en est pas de même des menuisiers qui eux aussi, enseignaient et pratiquaient les études géométriques autrefois, et qui ont laissé tout-à-fait de côté, ces utiles leçons, ces dessins sans lesquels un artisan, aussi intelligent qu'il soit, ne peut arriver qu'en tâtonnant. Le dessin, c'est la vérité, c'est la certitude, c'est la précision. La pratique si elle est souvent composée de bonne expérience, est aussi quelquefois de la routine.

Les machines que le charpentier en bois emploie aujourd'hui sont les mêmes que celles dont il faisait autrefois usage, sauf quelques légères perfections. Nous ne ferons donc que les mentionner, en faisant cependant une exception en faveur des scies mécaniques qui ont, mais dans les grands chantiers seulement, remplacé le travail primitif qu'accomplissent encore les ouvriers scieurs de long.

Tout le monde connaît la *chèvre*, qui est une machine employée au levage des fardeaux; elle se compose d'un treuil autour duquel s'enroule un cordage renvoyé par une poulie placée au sommet des deux bras de l'appareil. Ces bras sont maintenus par des traverses ou entretoises. Les cordages qui retiennent la chèvre s'appellent des *haubans*. Lorsque l'emplacement le permet, on remplace les haubans par une pièce de bois à laquelle on donne le nom de *bicoq*, (de bicot ou biquet, petit chevreau); elle fait charnière au sommet de la chèvre, et forme un troisième bras, ce qui donne à la machine la forme d'une pyramide angulaire.

La *sonnette* peut être considérée comme l'une des machines faisant partie du matériel du charpentier. Elle sert à enfoncer les pieux et les pilots, et se compose d'un assemblage de charpentes, ayant à son sommet une forte poulie de métal dans laquelle passe un câble qui met en mouvement un mouton fixé à l'une de ses extrémités. Ce mouton est élevé à une certaine hauteur, soit par l'effort des bras, soit par tout autre moteur, ou bien par le moyen d'un treuil. Il retombe ensuite sur la tête du pieu à enfoncer. Le *cric*, les *leviers*, la *grue*, les *vérins*, font encore partie de l'équipage du charpentier.

Quant aux outils à main qui servent aux ouvriers de ce métier, ils sont restés les mêmes que par le passé. La besaiguë, la cognée, le compas, l'ébauchoir, l'équerre, la galère ou demi-varlope, les guillaumes, ciseaux, goujes, bec d'ânes, l'herminette, le maillet, le niveau, les pinces, la raînette, les scies, les tarières emmanchées, sont des outils et instruments trop connus pour qu'il soit nécessaire d'en faire la description. Nous les avons vus figurer, pour la plupart, dans la première partie de cette étude, réservée à l'antiquité et aux siècles qui précédèrent le nôtre. Ils existent, en grande quantité, dans les collections qui ont été exposées par les fabricants d'outils de toutes les nationalités. L'Angleterre et la France ont le privilége de les fabriquer avec une grande perfection, ainsi que les petits outils du serrurier et du menuisier. Après eux, la Belgique et l'Autriche se distinguent dans ce genre de fabrication qui demande beaucoup de soin, pour le choix des aciers, la forme à leur donner, et l'opération délicate de la trempe. Enfin, l'Amérique la suit dans cette voie; nous avons vu à l'Exposition de 1878 de très-beaux outils à main, très-pratiquement établis, et ayant le meilleur aspect.

Les bois employés communément par les charpentiers de l'Europe occidentale sont comme autrefois les chênes, les sapins parmi lesquels on remarque le sapin rouge originaire de la Norwège, le châtaignier, dont on faisait autrefois les combles de nos cathédrales, le hêtre, le frêne, l'orme, le platane, le pin, l'aulne, le peuplier, etc. Les bois équarris simplement à la cognée prennent le nom de *bois de brin*, celui qui est refait à la scie est dit *bois de sciage*.

En Russie, on fait en charpente, un fréquent usage du mélèze, arbre résineux, dont le bois presque blanc, a l'inconvénient de se noircir au bout de quelques années quand il est exposé à l'air. Ce bois contient beaucoup de résine, elle s'échappe abondamment de ses pores, s'étend sur les surfaces, durcit, et rend les charpentes imperméables à l'eau.

La menuiserie. — Les menuisiers dont les premiers statuts de corporation remontent à l'année 1396, ont transformé leurs ateliers en véritables usines. Ils comptent parmi leurs outils la *scie circulaire* ou *fraise*, qui remplace, avec un très-grand avantage, le travail des scieurs de long. Cette scie, agissant par le moyen d'une force motrice quelconque, fait de 7 à 800 tours à la minute. Son diamètre varie entre $0^{m},35$ et $0^{m},80$. Elle se monte sur une table en bois ou en fonte; elle est munie d'un chariot sur lequel repose l'arbre roulant sur deux coussinets, avec poulie folle et poulie fixe afin de recevoir la commande. Sur l'arbre, au moyen d'un épaulement, se monte la scie, prise entre deux embases et serrée par un écrou. Le montage étant fait, la scie est guidée par des vis au bout desquelles sont des serres en bois de gaiac, la maintenant afin de l'empêcher de voiler. La scie, afin d'obtenir d'elle un travail parfait, doit être affutée avec soin; on y adjoint un chariot mobile qui donne la facilité de monter ou de descendre l'outil à volonté, on peut alors faire des ouvrages qui seraient fort pénibles si on les exécutait par les anciens systèmes, tels que des feuillures, des pentes sur jets d'eau, etc., etc.

L'*affuteuse* ou plutôt *défonçeuse* est le complément de l'outil qui précède.

Celui-ci a pour but de faire, au moyen d'une meule en composition d'émeri ce que la lime, dite queue de rat, exécutait aux scies des scieurs de long : le passage pour la sciure. Car la fraise a conservé cette manière spéciale d'affutage, dite à *dents de perroquet*, aucun autre affut n'ayant pu, jusqu'à présent, rivaliser avec ce procédé. Il est certain que l'affuteuse n'est pas indispensable, mais dans un atelier important, cet outil est des plus économiques. Il peut aussi servir pour les fers à moulurer; sa meule entaille l'acier dix fois plus vite que ne pourrait le faire à la main l'ouvrier le plus habile.

La *raboteuse* et la *machine à corroyer* viennent ensuite. Le premier de ces outils rends de très-grands services en supprimant la partie pénible du travail. On s'en sert généralement pour la mise à l'épaisseur et pour blanchir les bois minces, tels que les tablettes, les plinthes et stilobates. Cet outil marche à raison de 2,500 tours à la minute et amène son bois lui-même sous le couteau par le moyen d'un cylindre compresseur et d'une chaîne Galle montée sur un pivot qui correspond à un engrenage, ce dernier mû par la transmission.

La *scie à ruban* dite *sans fin*, est très-appréciée. Cet outil peut remplacer les *tenonneuses* et *enfourcheuses*. Il débite les bois comme la scie circulaire, mais son travail est beaucoup plus net. On s'en sert pour chantourner et découper extérieurement. Il est monté sur une table mobile afin d'exécuter au besoin des sciages obliques. Cette scie, qui peut aussi couper les bois de longueur, ainsi que les panneaux, se monte sur deux poulies dont le diamètre varie entre $0^{m}65$ et $1^{m},20$. A cette dernière dimension on peut débiter les bois en grume, à l'aide d'un chariot qui amène ces bois sous l'outil.

La *toupie* est un autre outil fort simple, duquel on obtient un travail vraiment merveilleux. Il peut marcher à raison de 3,500 tours et plus à la minute. Du reste, on n'arrive à la bonne exécution des ouvrages qu'à l'aide de cette grande vitesse. Avec cette ingénieuse machine, aidée de fers bien compris, on fait des travaux qui paraissent impossibles à première vue. La toupie exécute toutes les moulures droites ou cintrées, les nez de marches d'escalier, les plates bandes des panneaux, les jets d'eau de croisée, etc. Les bois fermes sont, bien entendu, ceux qui se coupent le mieux. Généralement, cet outil se monte sur un pied en fonte possédant une table d'environ $0^{m},80$ carré, et un arbre vertical monté sur un chariot mobile, ce qui permet de monter et de descendre à volonté. Cet arbre refouillé d'une mortaise, reçoit le fer mouluré, qui saillit de l'arbre en raison du galbe de son profil. Pour les bois d'une certaine épaisseur et lorsque la force de l'homme n'est plus assez puissante, on organise un moyen de pression à l'aide de galets et de leviers. Cette pression devient telle, qu'il est alors impossible de pousser les bois à la main. Mais on remédie à cet inconvénient à l'aide d'un amenage automatique avec chaînes Galle et crochet. L'ouvrier n'a plus alors qu'à recevoir le bois et à le guider convenablement.

La *mortaiseuse* est une machine qui marche très-régulièrement. Son nom indique le genre de travail qu'elle exécute. Cet outil peut fonctionner à raison de 3,000 tours à la minute. Plus il tourne vite, moins il casse de mèches. Il se compose d'un chariot horizontal portant l'arbre muni de poulies folle et fixe ; à l'extrémité de cet arbre est emmanchée la mèche, le chariot va et vient suivant la profondeur à donner à la mortaise. A côté de ce chariot est disposé un équarissoir qui fonctionne à la main au moyen d'un levier. Sur le devant de l'outil est un deuxième chariot posé transversalement et agissant de façon à donner la longueur voulue à la mortaise. La mortaiseuse oblige l'ouvrier qui la conduit à se servir simultanément de ses deux mains, dans deux sens opposés, ce qui demande une certaine habitude pour faire vite et bien.

La *scie alternative* ou *à découper*, est faite d'une bande d'acier assez semblable à un fort ressort de pendule. Elle sert à exécuter les découpages intérieurs des ornements en bois. Elle marche verticalement, à raison de 200 à 250 coups à la minute. Cet outil est monté entre deux griffes, ce qui permet de le dégrafer pour le passer dans un trou de mèche, opération qui facilite tous les genres de découpage. Une poulie munie d'un excentrique le descend ; un ressort formé de plusieurs lames de bois, flexible, attaché à une corde le remonte. Toute cette partie de l'outil a la forme d'un arc. L'ouvrier spécialiste qui guide cet outil, s'il devient très-habile peut produire de forts jolis découpages.

Pour les bois se débitant sur champ, nos menuisiers se servent de scies de différents modèles, telles que celles dites *à cylindre, à chariot.* Sur cette dernière on peut monter jusqu'à douze lames. Ces outils ne font que les sciages proprement dits ; un seul ouvrier peut en conduire plusieurs à la fois. En outre, de ces outils qui remplacent les scies ordinaires, la varlope et le rabot, les outils à faire les rainures, languettes et moulures comme le guillaume et le bouvet, les menuisiers ont encore des tours dont tout le monde connaît la marche et le travail.

Les petits outils à main du menuisier sont principalement : l'équerre et la fausse équerre, le trusquin, les ciseaux, goujes, rapes, bouvets, rabots, guillaumes, varlopes, vilebrequins et mèches, sergents, marteaux, maillets, compas, règles, niveaux, etc. Tout le monde connaît son établi et son valet.

Le menuisier emploie les mêmes bois que le charpentier, mais ils sont débités spécialement pour son usage, et sont dénommés *bois de menuiserie.* Cependant, les bois indigènes de l'Europe (qui ne seront pas fournis toujours en quantité suffisante à ces deux industries), ne sont pas les seuls qu'emploient nos menuisiers, et les essences qui n'avaient été réservées jusqu'à présent qu'à l'ébénisterie comme l'acajou, par exemple, ont fait quelquefois leur apparition dans la construction de nos bâtiments. C'est ainsi que l'on peut voir, en plein faubourg Saint-Antoine à Paris, une magnifique porte cochère toute en acajou, et qu'une partie de la menuiserie des hôtels des comtes Greffulhe a été confectionné avec le même bois. Un autre bois exotique, le *pitchpin*, a pu être, tout récemment, livré aux consommateurs français à des prix assez modérés, pour qu'il puisse remplacer nos sapins, sans que l'augmentation soit très-sensible. C'est avec cette espèce de bois, qu'a été confectionnée la charpente de la maison anglaise de la rue des Nations dont nous parlerons plus loin.

Les colonies françaises et anglaises, nous ont montré, à l'Exposition de 1878, de nombreux spécimens de bois, que nos ouvriers pourraient mettre certainement en œuvre, et qui rendraient de très-grands services, par suite de leurs qualités spéciales et de leurs dimensions souvent extraordinaires. Sans entrer dans des détails qui nous entraîneraient trop loin, nous pouvons dire qu'en parcourant les diverses expositions des colonies anglaises, nous avons été frappé de la valeur industrielle des échantillons de certains bois des plus remarquables au double point de vue que nous indiquons. C'est ainsi que nous avons constaté que l'Australie, pour ne parler que de cette colonie, produisait des arbres majestueux dont les bois très-forts, très-serrés de grain, remplis de veines magnifiques pouvaient, sans aucun doute, être expédiés en Europe à des prix assez raisonnables. Citons parmi ceux-là : l'*araucaria Bidwilli*, dont le diamètre varie entre $0^m,75$ et $1^m,22$ et dont la hauteur est de 30 à 60 mètres ; l'*araucaria Cunninghamii*, diamètre $0^m,91$ à $1^m,68$, hauteur, 45 à 60 mètres ; le *dammara robusta*, diamètre $0^m,90$ à $1^m,83$, hauteur 25 à 40 mètres, sans aucun nœud, tous ces arbres pouvant être employés aux mêmes usages que les sapins ; les *cèdres rouges* qui ont jusqu'à $1^m,93$ de diamètre et de 30 à 45 mètres de longueur, employés par la menuiserie et par l'ébénisterie qui fait grand cas de leurs belles ondulations ; enfin les *eucalyptus* de $1^m,22$ de diamètre, dont la

dureté et la résistance à l'humidité sont remarquables, etc., etc. Les derniers de ces bois coûtent sur le marché australien de 100 à 112 francs les mille pieds anglais. Si la Cochinchine française qui a certainement des produits égaux était sérieusement exploitée, il est certain qu'elle pourrait envoyer à la mère-patrie peut être à meilleur compte d'excellents bois propre aux usages du bâtiment. L'Algérie, beaucoup plus rapprochée de nous,nous a montré dans sa belle exposition installée dans la reproduction d'un palais de ce pays du soleil, des échantillons de produits forestiers admirables. La collection des bois algériens se compose pour l'application à la charpente et à la menuiserie, de chêne, de châtaigniers, de pins, d'ormes, de cèdres, de peupliers, de platanes, d'aulnes, de frênes, d'amandiers et de houx. Les forêts algériennes couvrent, dans les trois provinces d'Alger, d'Oran et de Constantine, plus de 1,250,000 hectares de terrain.

Depuis quelques années, nos entrepreneurs de menuiserie, ont à lutter contre les fabriques de portes et de croisées qui leur font une certaine concurrence. Nous avons vu quelques échantillons des produits sortant de ces fabriques, dans les galeries du Génie civil, et comme ceux que nous avons précédemment examinés dans d'autres circonstances, ils nous ont paru laisser à désirer sous le rapport des assemblages. Il n'est pas jusqu'à la Suède qui ne nous envoie de ses pièces de menuiserie toutes faites et prêtes à mettre en place. Les usines suédoises établissent leurs portes et leurs croisées en sapin de deux sortes, celle qu'ils appellent *bois rouge* forme les battants, les traverses et les moulures; les panneaux sont en bois ordinaire. Des ateliers de construction très-importants, situés à Gothembourg, fabriquent une énorme quantité de cette menuiserie légère, mais bien exécutée, qui commence à se répandre en France.

On doit à l'emploi des machines à travailler les bois, la nouvelle industrie des bois découpés qui était représentée, de la manière la plus élégante, par le ravissant pavillon élevé par MM. Waaser et Cie tout à côté de la porte de Grenelle. Mais cette industrie était déjà aussi avancée en 1867 qu'aujourd'hui, et son outillage est resté à peu près le même (1).

La peinture. — Nous ne toucherons à la peinture des bâtiments que par les côtés qui nous semblent curieux. Tout le monde connaît les peintures à la colle (2), à l'huile, à la chaux (3), nous n'en parlerons donc que pour mémoire, et nous dirons quelques mots des divers procédés économiques, siccatifs et autres, ainsi que des enduits hydrofuges employés par les peintres.

Parmi les premiers de ces procédés, nous citerons : les peintures au *savon noir*, aux *solutions résineuses*, au *sérum de sang*, et enfin la peinture à la *pomme de terre,* dont voici la formule, d'après M. Leclaire:

Pommes de terre cuites à l'eau et pilées.	1 kilog.
Matière colorante.	2 —
Eau, environ.	8 litres.

(1) Ce sont les Chinois qui ont les premiers appliqué les bois découpés à l'ornementation des édifices. Ils ont été ensuite imités par les Russes, et sans connaître les travaux de ces peuples, les paysans suisses ont innové dans ce genre de décoration.

(2) La peinture à la colle ou *détrempe*, est constituée par des couleurs broyées à l'eau et détrempées à la colle de peau, à la colle forte ou autre matière gélatineuse ou gommeuse.

(3) La peinture à la chaux ou *badigeon,* se compose d'une partie de chaux éteinte, d'une demi-partie de pierre tendre réduite en poudre, et d'ocre suivant la teinte de pierre que l'on veut obtenir. On étend cette peinture avec une grosse brosse. On peut aussi y ajouter de l'alun qui est un mordant, et donne en même temps plus de consistance au badigeon.

Un autre procédé, plus sérieux en ce qu'il se rapproche davantage de la bonne peinture courante, consiste à remplacer la couche d'impression qui se fait ordinairement à l'huile, par une couche de colle sur laquelle on applique deux couches de peinture à l'huile (1).

Parmi les peintures et enduits anti-nitreux, nous remarquerons : les préparations au caoutchouc, à la glu marine, etc. Pour la composition de cette dernière on emploie: essence lourde de goudron de houille, une demi-partie pour cent de caoutchouc et 30 à 40 parties de gomme laque. On fait aussi des peintures à base de silicate de potasse. Elles ont amené de très-bons résultats, surtout pour les applications extérieures. On sait comment est obtenu le silicate. Lorsque l'on chauffe fortement dans un creuset jusqu'à fusion complète, un mélange de 15 parties de sable blanc, 10 % de carbonate de potasse et 4 de charbon, on obtient une masse vitreuse, boursoufflée et jaunâtre, qui n'est autre chose que du silicate de potasse coloré par du charbon. En traitant la masse calcinée par 5 ou 6 fois son poids d'eau bouillante, le silicate se dissout lentement, et donne une solution incolore et alcaline, que nos chimistes du temps passé appelaient *Liqueur des cailloux*, parce qu'ils la préparaient avec du silex pulvérisé. Si l'on concentre cette liqueur jusqu'à consistance sirupeuse, et qu'on l'applique à la surface d'un panneau de bois ou de tout autre objet, elle se dessèche rapidement et y forme un enduit vitreux, très-propre à neutraliser le salpêtrage et l'humidité de nos maisons. Une grande partie de nos matériaux tendres de construction a la propriété d'absorber une partie de la silice du silicate, passant alors à l'état de silicate de chaux. Cette transformation des calcaires tendres et poreux en pierres dures a été nommée *silicatisation*. On pouvait voir, dans les annexes du Trocadéro, des applications de peintures siliceuses à bases de silicate de potasse par M. Bouchet, entrepreneur, exposant de la classe 66, qui se charge de la silicatisation de la pierre à raison de 0f,75 par mètre superficiel.

L'application des enduits incolores à base de silice, est une découverte remarquable, surtout au point de vue de la conservation de nos édifices. Par les facilités qu'ils offrent pour nettoyer les surfaces sur lesquelles ils ont été appliqués, sans avoir recours, comme autrefois, au grattage à vif, ils conservent intacte la pureté des lignes qui constitue la valeur artistique des sculptures et des ornementations. L'outillage du peintre est connu. Nous n'avons trouvé à l'Exposition, rien à citer de nouveau que les brûloirs à deux vantaux mobiles de M. Lelong-Breuzin, dont les réchauds sont bien disposés pour le service en plein air. Ces petits appareils, qui ne sont autre chose que des lampes à esprit de vin et à courant d'air, dans le genre des lampes à souder, sont destinés à détruire, par l'effet de leur flamme les vieilles peintures trop difficiles à faire disparaître par les procédés ordinaires du grattage.

La vitrerie, les glaces. — On sait que le vitrier se sert du diamant pour couper le verre en feuilles; cependant, cette précieuse pierre n'est pas indispensable à une pareille opération. Un autre procédé, assez connu du reste, consiste à étendre et à frotter de l'essence de térébenthine sur la surface du verre et à tailler ce dernier ensuite avec une pointe d'acier quelconque. On connaît aussi le coupage par les silex et d'autres corps durs. Le vitrier n'a qu'un outillage bien restreint : à part son marteau qui est d'une forme particulière, on ne lui connaît guère que ses couteaux à mastiquer, à démastiquer et son diamant. Le mastic qu'il emploie pour fixer ses verres lorsqu'ils sont cloués est composé de 18 à 20 décigrammes d'huile de lin pour 1 kilog. de blanc d'Espagne, le tout pétri et bien battu par morceaux de 2 à 3 kilog. On le tient à l'abri de la séche-

(1) Laboulaye, *Dictionnaire des arts et manufactures*.

resse dans une toile cirée imbibée d'eau, et on le ramollit facilement à la main.

Nous avons dit que le verre était d'invention ancienne, que la vitre était plus moderne, nous observerons que la vitre de couleur a précédé la vitre blanche, le verre blanc exigeant des matériaux plus purs. M. Peligot nous a appris que vers le milieu du XVIe siècle, le duc de Northumberland, quand il quittait son château, faisait fermer les volets et enlever les vitres pour ménager et mettre en sûreté des objets aussi précieux. L'encyclopédie de 1781 parle de la corporation des *châssissiers*, qui collaient les papiers aux fenêtres. Dans nos villages, le carreau de papier est encore en usage et très-souvent employé. Les glaces sont d'un usage bien plus récent. C'est à Colbert que l'on doit la création ou plutôt l'importation de cette industrie en France. Attirant des ouvriers étrangers que la révocation de l'Édit de Nantes devait bientôt disperser, il fit venir des Hollandais pour fabriquer le drap, des Suédois pour préparer le goudron, des Allemands pour faire du fer-blanc, des Flamands pour chamoiser les peaux, des Vénitiens pour produire des glaces et des dentelles. Jusque-là, les miroirs de glace étaient choses rares, on en avait en métal; ceux-ci étaient connus de toute antiquité, car il en est question dans l'Exode et dans Isaïe.

On sait que la silice est l'élément principal de la composition du verre. Avec de la *silice* on mêle de la potasse ou de la soude et de la chaux pour obtenir le *verre à vitre* et le *verre à glace;* ajoutez de l'*oxyde de fer,* vous avez le *verre à bouteille;* substituez de l'*oxyde de plomb,* vous obtenez le *cristal;* remplacez *l'oxyde de plomb* par l'*oxyde d'étain*, vous produisez l'*émail.* Les bases fusibles, la potasse, la soude, le plomb, unies avec l'acide silicique, produisent des composés également fusibles; les bases infusibles, la chaux, l'alumine, la magnésie produisent des composés infusibles; mais uni à des bases fusibles et à des bases infusibles, l'acide silicique forme des silicates multiples qui fondent très-bien. Le verre à glaces est précisément l'un de ces mélanges à trois éléments. Il se compose de silice, de soude et de chaux, à peu près dans cette proportion :

Silice	73	= 100
Chaux	15	
Soude	12	

La silice est partout. Le cristal de roche, le grès, le sable, le caillou sont de la silice; les cendres des plantes, les eaux des volcans, les sources minérales en contiennent. Quant à la chaux, elle existe jusque dans nos os. La soude qui a été obtenue longtemps de la combustion de certaines plantes marines, est aujourd'hui produite très-simplement par des moyens artificiels. Enfin, la potasse que l'on peut employer en remplacement de la soude, n'est pas moins commune; elle existe dans toutes les cendres. Une glace est donc un objet précieux tiré des matières les plus vulgaires. L'art de les souffler, de les étamer, de les biseauter, ciseler, graver et colorer paraît remonter au XIVe siècle, mais il n'atteint sa perfection qu'au XVIe siècle; la prospérité de cette industrie était alors à son apogée, et la république de Venise, jalouse comme l'on sait de ses richesses, rendit les règlements les plus sévères contre les importateurs des verres étrangers, et surtout contre les ouvriers fugitifs qui allaient porter le secret de leurs travaux au-dehors. Ceux-ci étaient frappés de mort par les émissaires des inquisiteurs d'état. Cependant, et malgré tous les périls, dix-huit ouvriers vénitiens étaient réunis à Paris en 1665, la compagnie des glaces se forma bientôt, et la manufacture nouvelle fut établie d'abord au faubourg Saint-Antoine, à Paris, à l'endroit même où est la caserne de Reuilly. Bientôt une succursale fut fondée près de Cherbourg, et la manufacture put offrir au célèbre ministre un *grand miroir de Venise de 46 pouces sur 26, avec une*

bordure d'argent pesant 252 *marcs* 2 *onces*, estimé 8016 livres 10 sols dans l'inventaire fait après la mort de Colbert.

On sait que la grande galerie des Fêtes, à Versailles, construite de 1678 à 1683 par Mansard, fut revêtue de glaces françaises. En 1691, on parvint à fabriquer, par le procédé du coulage, quatre glaces si grandes et si belles qu'elles furent présentées à Louis XIV, qui voulait les voir. C'est alors que Lucas de Nehou, habile verrier, qui était associé à Abraham Thévart, installa la *Manufacture royale des grandes glaces* à Saint-Gobain (1693).

En 1708, l'architecte de Cotte, directeur des bâtiments royaux, introduisit l'usage d'abaisser les cheminées des appartements et de placer des glaces sur leurs tablettes ou dans des trumeaux disposés au-dessus, embellissement considérable dont la mode se répandit très-vite et dure encore.

L'industrie dont nous nous occupons prit bientôt un tel accroissement que des manufactures s'établirent de tous les côtés. Après Saint-Quirin, apparurent Commentry, Prémontré, Sainte-Marie-d'Oignies, Montluçon, Aniche, Floreffe, Aix-la-Chapelle, Jeumont, Recquignies, etc., etc. L'Angleterre, la Belgique, l'Allemagne fondèrent à l'envi des fabriques de glaces.

La fabrication des glaces se compose de deux opérations, l'une chimique, l'autre mécanique. L'opération chimique produit le verre brut, l'opération mécanique dégrossit, égalise, doucit, polit et finit la glace. Une troisième opération, à la fois chimique et mécanique l'étame et la change en miroir. Dans le principe, le verre une fois fondu était mis en forme par le soufflage, procédé connu des Vénitiens. On sait en quoi consiste cette opération : un ouvrier s'approche de la fournaise avec un tube ; il *cueille* dans le creuset un peu de verre en fusion, et portant rapidement le tube à sa bouche, après l'avoir balancé, il souffle de l'air dans cette substance ; l'air en s'échauffant se dilate, le verre se gonfle, et l'ouvrier en imprimant un balancement rapide à ce globe brûlant, l'allonge et le transforme en un manchon d'une surface mince et transparente ; puis il le sépare de la canne, le coupe à peine refroidi avec un fer rouge, un autre ouvrier le porte dans un second four doucement chauffé, où le manchon s'ouvre, s'étend, s'aplatit ; la vitre est faite. Ce procédé hardi qui tient l'ouvrier comme au milieu du feu, n'ayant d'autre machine que ses poumons et ses bras, le fatigue promptement et ne permet pas de produire de grandes surfaces. Cependant à l'Exposition de Vienne, en 1873, une usine de Bohême avait présenté une glace soufflée de 2^m,16 c. de hauteur sur 1^m,10 c. de largeur, qui avait dû exiger le maniement d'une masse de plus de 100 kilogrammes (1).

Autrefois les bras étaient aussi les seuls instruments employés pour dégrossir et polir les glaces, aussi le travail était-il des plus longs, les pertes occasionnées par les accidents amenant la rupture des glaces, étaient très-considérables.

L'opération du coulage, progrès énorme dans la fabrication des glaces, est, dit l'auteur auquel nous venons d'emprunter une grande partie des détails qui précèdent, une opération étonnante, un mélange de force, d'adresse, de courage et de rapidité.

Quand on entre pour la première fois, la nuit dans une de ces vastes halles de Saint-Gobain, ajoute dans un récit pittoresque, l'éminent ancien administrateur de cette compagnie, les fours sont fermés, et le bruit sourd d'un feu violent mais captif, interrompt seul le silence. De temps en temps, un verrier ouvre le *pigeonnier* du four pour regarder dans la fournaise l'état du mélange ; de longues flammes bleuâtres éclairent alors les murailles des *carcaises* (2),

(1) Aug. Cochin : *La manufacture des glaces de Saint-Gobain* de 1665 à 1865.
(2) Orifice des fours.

les charpentes noircies, les lourdes tables à laminer, et les matelas sur lesquels les ouvriers demi-nus dorment tranquillement.

Tout-à-coup l'heure sonne, on bat la générale sur les dalles de fonte qui entourent le four, le sifflet du chef de halle se fait entendre, et trente hommes vigoureux se lèvent. La manœuvre commence avec l'activité et la précision d'une manœuvre d'artillerie. Les fourneaux sont ouverts, les vases incandescents sont saisis, tirés, élevés en l'air, à l'aide de moyens mécaniques ; ils marchent comme des globes de feu suspendus, le long de la charpente, s'arrêtent et descendent au-dessus de la vaste table de fonte placée avec son rouleau devant la gueule béante de la *Carcaise*. Le signal donné, le vase s'incline brusquement, la belle liqueur d'opale, brillante, transparente et onctueuse, tombe, s'étend comme une cire ductile. Au second signal, le rouleau passe sur le verre rouge ; le regardeur, les yeux fixés sur la substance en feu, écrême, d'une main agile et hardie les défauts apparents; puis le rouleau tombe ou s'enlève, et vingt ouvriers, munis de longues pelles, poussent vivement la glace dans la *carcaise*, où elle va se recuire et se refroidir lentement. On retourne, on recommence, sans désordre, sans bruit, sans repos; la coulée dure une heure ; les vases à peine remplacés sont regarnis ; les fours sont refermés, les ténèbres retombent, et l'on n'entend plus que le bruit continu du feu qui prépare de nouveaux travaux.

D'autres progrès considérables opérés dans la fabrication des glaces constitués notamment par l'emploi du sulfate de soude purifié, de la houille, puis du gaz pour chauffer les fours, enfin par la transformation des opérations mécaniques, ont produit un abaissement considérable dans les prix. Jamais, au moment où nous parlons, les glaces n'ont été si bon marché, elles sont évidemment à la portée de tous.

L'étamage est une opération qui consiste, comme l'on sait, à disposer sur une table de pierre dressée et d'aplomb, des feuilles d'étain laminées à raison de $0^{k},200$ par mètre carré, et recouvertes d'une couche de mercure. Par dessus, on pose la glace en expulsant avec soin l'air interposé, on la recouvre d'un drap, puis on la charge de poids. Le mercure en excès s'écoule, celui qui reste s'unit à l'étain et forme avec lui un amalgame appelé *tain*, en augmentant de volume. C'est à cette dernière particularité qu'est due surtout l'adhésion intime de l'amalgame à la surface de la glace. Par ces procédés très-simples, et d'une exécution facile, une glace ne pouvait être étamée en moins de huit jours. Ce temps est considérablement réduit par le procédé nouveau de l'argenture, car on peut recouvrir d'argent, une glace quelconque dans l'espace de 10 heures.

Pour argenter une glace, on en nettoie la surface avec soin, puis on la place bien d'aplomb sur une table creuse, ou plutôt sur une sorte de boite de métal, maintenue chaude par la vapeur d'eau. Sur cette glace ainsi disposée, on verse une solution de nitrate d'argent mêlé d'acide tartrique et d'ammoniaque. Ce liquide incolore comme de l'eau, s'étend sur toute la surface, et par l'action de la chaleur, au bout de quelques instants se décompose. L'argent du nitrate redevenu métal, apparaît et s'attache uniformément à la surface du verre. Quand la métallisation est complète, la glace est lavée, séchée, puis la couche métallique est recouverte d'une peinture plombique afin de la protéger contre les frottements et les émanations sulfureuses. En principe, c'est-à-dire au commencement de cette méthode inventée par M. Liebig et perfectionnée par M. Petitjean, les glaces argentées avaient le grave inconvénient de se ternir et de se tacher, mais aujourd'hui l'argenture est meilleure, elle est partout mise en usage et a remplacé presque généralement la mise en tain des glaces.

En 1702, une glace de 4 mètres superficiels valait 2,750 francs; en 1805, (après la révolution et pendant le blocus continental), elle valait plus cher

encore, car son prix était de 3,644 francs; aujourd'hui elle n'est plus cotée, grâce à des progrès naissants de la fabrication, qu'à 204 fr. (1). Cet écart est tellement considérable que, comme le fait observer justement M. Cochin, aucune autre industrie n'en a opéré de semblable dans un aussi court espace de temps. A cet abaissement extraordinaire de prix a correspondu, tout naturellement, un développement considérable dans la consommation.

Conservation des bois. — La multiplicité des usages du bois et sa prompte détérioration due à une foule de circonstances diverses, ont fait comprendre de tous temps la nécessité d'en prolonger la durée par des moyens artificiels. On trouve dans Pline et Vitruve l'indication du procédé usité par les anciens. On pratiquait sur l'arbre en pleine sève et encore debout, un trait de scie assez profond pour entamer toute l'épaisseur de l'aubier, sans attaquer le cœur ; la sève ne tardait pas à s'écouler en abondance par cette issue. Dès qu'elle avait cessé de couler l'arbre était abattu, et se desséchait complétement. Pline assurait que l'on donnait au bois, traité par ce procédé, une durée indéfinie. On sait que le moyen de conservation le plus simple et le moins dispendieux actuellement employé, est le *flottage*, c'est-à-dire l'immersion dans l'eau douce ou salée. Il a pour effet de dissoudre les parties solubles du bois et notamment l'albumine végétale qui est l'origine de la putréfaction sèche des fibres ligneuses. Les bois plongés dans l'eau peuvent se conserver pendant de longues années; l'un des exemples les plus frappants de cette conservation est la galère de Trajan, retrouvée en parfait état après 1,300 ans de séjour dans le lac Riccio. Cette galère était construite en cyprès et en mélèze. L'opération du flottage des bois, est due à un nommé Lecointe, chef des œuvres de charpenterie de la ville de Paris, vers 1545 ; mais son idée fut traitée de rêverie et personne ne voulut lui prêter le moindre appui. Après lui vint un nommé Gilles Desfroissez, bourgeois parisien qui organisa une entreprise de flottage et s'y ruina complétement. Un de ses créanciers, Jean Rouvet, auquel la ville de Clamecy a élevé une statue de bronze, reprit l'idée deux fois avortée du flottage des bois. Cette fois l'opération réussit à merveille, à la grande stupéfaction des paysans qui ne pouvaient comprendre comment ces énormes masses de bois pouvaient voyager sur les rivières.

En 1569, un arrêté du Parlement ordonna à tous les possesseurs de moulins et de forges d'avoir pertuis pour le flottage, et défendit, sous des peines sévères d'arrêter la marche des trains.

A différentes époques, et particulièrement depuis le commencement de ce siècle, il a été fait de nombreux essais de conservation des bois par des procédés plus nouveaux, consistant surtout dans l'absorption de liquides de composition chimique, qui furent d'abord appliqués extérieurement. L'une de ces préparations, encore en usage aujourd'hui, se compose de 2 parties de résine, 4 de cire et 8 de soufre, avec autant d'huile à brûler qu'il est nécessaire. Ce mélange est mis en usage à chaud. On appliquait aussi, sur la surface des bois à conserver, une première solution bouillante de soude ou de potasse caustique. La couche étant suffisamment sèche, on étendait une solution froide d'oxyde de plomb ou d'oxyde de fer dans l'acide pyroligneux. Parmi les autres procédés, nous mentionnerons l'enduit composé de chaux éteinte et d'huile de poisson, sorte de mastic que l'on appliquait à la truelle, comme le font nos enduiseurs, sur les bois de charpente des navires. Enfin, on mettait en usage l'huile et la graisse, les solutions de sel, la peinture, les goudrons, les bitumes etc. Les toits en planches recouverts d'un enduit bitumineux résistent longtemps aux intem-

(1) Une glace de cette dimension destinée au vitrage ne vaut que 170 francs.

péries de l'air. En Angleterre, on s'est servi avec avantage de goudron extrait de l'acide pyroligneux ou vinaigre de bois, étendu au pinceau, à deux ou trois couches. Ce goudron, a, du reste la propriété de durcir les bois sur lesquels il est appliqué. Tous ces moyens ne donnaient que la possibilité de pénétrer les couches superficielles des bois qui, pour les petits ouvrages, peuvent encore être préservés par le brûlage, opération indispensable surtout pour les morceaux destinés à être enfoncés en terre ou scellés.

On connaît les résultats des travaux de M. le docteur Boucherie. Ce célèbre savant fut le premier qui trouva le moyen de conserver les bois au moyen de procédés fondés sur l'observation des phénomènes de l'absorption végétale. Il se servit de la force aspiratrice de l'arbre lui-même pour faire pénétrer dans toute sa substance, le liquide conservateur. Dans ce procédé, l'arbre est assujetti par des cordons aux arbres voisins, puis scié à sa base. La partie coupée baigne bientôt dans un réservoir que l'on place à l'endroit de la souche, les principales branches sont coupées pour donner issue à la sève chassée par le liquide ascendant qui prend sa place dans le tissu ligneux, celles qu'on laisse subsister suffisent à déterminer l'aspiration. Il est aussi possible de faire pénétrer le liquide dans l'intérieur de l'arbre en plaçant ce dernier dans le sens horizontal, mais dans les deux cas, certaines difficultés assez graves déterminèrent l'inventeur à remplacer son premier procédé par celui de l'afiltration qui consiste, la pièce de bois étant équarrie et placée horizontalement, à la mettre en contact, par un tuyau, avec une cuve placée à une hauteur suffisante pour déterminer une pression amenant l'introduction de la solution dans le bois. Cette dernière filtre tout au travers du tissu ligneux, comme l'eau passe à travers les pores d'un appareil de filtrage. Le procédé du docteur Boucherie permet la coloration des bois; on arrive aussi, par le choix des substances minérales dont on les imbibe à les rendre, sinon incombustibles, du moins difficilement inflammables.

MM. Descalonne et Cie, exposent au milieu de la classe 66, un nouveau produit auquel ils ont donné le nom de *conservateur plombique*, qui, disent-ils, forme immédiatement avec les bois, une combinaison insoluble et solide qui en assure la préservation définitive. Cette combinaison transforme en sel métallique imputrescible toutes les matières qui, dans les bois, représentent des ferments de décomposition. Les bois ainsi minéralisés, ne laissent aux insectes destructeurs et aux végétaux parasites aucune possibilité d'attaque ou d'implantation. C'est au moyen d'un procédé d'injection ou des systèmes en vases clos, par le vide ou la pression, que les exposants transforment les tissus ligneux, agglomèrent les fibres du bois dont la compacité devient telle qu'on peut dans bien des cas, substituer les bois tendres aux bois durs, sans éprouver la crainte de les voir se déjeter, se gonfler, se gauchir, se courber, se disjoindre, puisque ces accidents, dûs aux propriétés hygrométriques des bois ne peuvent plus avoir lieu, la solution chimique faisant disparaître lesdites propriétés.

La céramique du bâtiment. — Cette industrie comporte une multitude de produits qui entrent dans la construction des édifices et qui constituent la série importante des matériaux artificiels : briques, tuiles, carreaux, poteries, tuyaux, etc. Nous avons déjà vu que la céramique du bâtiment est d'origine fort ancienne.

Les procédés employés par cette industrie si importante sont cependant restés jusqu'au commencement de ce siècle, très-primitifs ; la préparation, l'emploi des terres aussi bien que leur cuisson se faisaient par les moyens les plus barbares. Pour ne citer qu'un seul de ces moyens, nous rappellerons que l'argile et le sable dont sont composés les objets de terre cuite étaient il y a quelques

années encore, pétris et mélangés au moyen du pied nu de l'homme. Les choses ne pouvaient rester en cet état à l'époque de progrès où nous vivons, aussi la mécanique est elle venue apporter à la fabrication de ces objets son bienfaisant concours, et l'Exposition nous a montré, non-seulement des matériaux de construction remarquable, mais encore des machines propres à fabriquer ces produits, et des modèles de fours perfectionnés réduisant la consommation du combustible nécessaire à la cuisson dans une proportion à peine croyable.

Les produits céramiques de bâtiment étaient représentés en plusieurs endroits à l'Exposition de 1878, tant au Champ-de-Mars, qu'au Trocadéro. Sur ce dernier point s'élevait un élégant pavillon entièrement édifié en matériaux céramiques. Construit par M. Deslignières, architecte, il lui a fait le plus grand honneur. Là, quarante usines disséminées dans toute la France, y avaient rassemblé leurs produits, pour en composer un ensemble harmonieux quoique formé de produits disparates. Les échantillons les plus variés y étaient réunis, depuis les plus humbles, tels que les briques communes, les tuiles ordinaires, jusqu'aux objets les plus soignés, obtenus par les moyens les mieux perfectionnés. Un joli modèle de machine à briques et une collection de modèles de fours de divers systèmes pour la cuisson des produits, étaint exposés dans ce pavillon, l'une des curiosités du parc du Trocadéro.

La fabrication des briques communes se fait encore généralement à la main, par les méthodes anciennes. En cinq mois, dit M. Regnard, un atelier de six hommes parvient à produire environ un million de briques. La cuisson se fait en tas, en empilant les briques de manière à laisser des interstices dans lesquels on place du charbon que l'on allume par le bas. La combustion se propage ainsi dans toute la masse. Les briques ainsi obtenues laissent beaucoup à désirer, mais elles reviennent à bas prix, et sont encore communément employées surtout dans le nord de la France et en Belgique. Le travail mécanique donne des produits d'une valeur bien supérieure, il comporte : 1° la préparation des terres, au moyen de procédés divers, lavage, taillage, corroyage par cylindres, broyage, malaxage; 2° le moulage par les machines à laminer, les filières, les presses; 3° le rabattage ou pressage. Enfin la cuisson dans des fours découverts ou voûtés, à chaleur continue ou intermittente, au bois ou à la houille complète le travail.

Il est des produits qui, au contraire de la brique commune, ne peuvent absolument se fabriquer qu'à l'aide des machines. Ce sont les briques creuses, les tuiles à emboîtement, à moulures, ornées, les ornements en terre cuite, comme les faîtages, crêtes, etc. Suivant la nature des produits à obtenir, et la qualité de la matière première que l'on emploie, le moulage se fait en terre molle, en terre dure ou en terre sèche.

L'outillage destiné à la fabrication des produits céramiques a fait un grand pas vers la perfection depuis l'exposition de 1867. Le progrès accompli dans ces dernières années est considérable, et quand on compare le petit nombre de machines étrangères exposées à l'importance et au nombre de celles que renfermait la section française pour cette industrie, on ne peut se défendre d'un orgueil légitime, et l'on est forcé de reconnaître que là, comme dans beaucoup d'autres spécialités, la France a su garder le rôle qui lui appartient. En ne faisant qu'effleurer ce sujet, nous dirons un mot du four annulaire à action continue de M. Hoffmann, ingénieur des ponts-et-chaussées, qui nous a paru constituer une invention remarquable. Pour obtenir un enfournement et un défournement réguliers et continus dans un seul four, et pour soumettre successivement à l'action du feu les objets à cuire, il n'existe que trois moyens : ou déplacer les objets eux-mêmes, ou le four qui les contient, ou enfin le feu. C'est à ce dernier parti, comme étant le plus simple que l'inventeur s'est arrêté, et par suite d'une disposition spéciale et d'un déplacement de registres qui fait que le feu avance

graduellement chaque jour de l'un des compartiments du four, la brique ou les autres produits céramiques renfermés dans l'appareil se trouvent vingt-quatre heures en enfumage ou petit feu, trois jours au chauffage, deux jours au grand feu et quatre jours au refroidissement graduel.

Quant aux machines à fabriquer les tuiles, les briques et les autres produits de nature analogue destinés à la construction. elles sont nombreuses, nous ne pourrons que les citer, puisqu'elles seront décrites amplement dans une autre partie de nos Études. Nous avons remarqué parmi les plus intéressantes de ces machines, dans la section française celles qu'exposent MM. Boulet frères, gros cylindres cannelés pour diviser les mottes de terre, malaxeurs, machines à étirer la terre produisant des galettes pour tuiles, presses à vis, machines à agglomérer, à étirer, à comprimer, etc. La machine à briques de M. Hertel mérite aussi une mention spéciale : elle fabrique les briques pleines et creuses, les tuyaux de drainage, les pièces moulurées, les tuiles et poteries de bâtiment. Les produits obtenus ont toutes les qualités requises d'homogénéité, soit que l'on emploie des argiles grasses, des terres maigres, franches ou mêmes pierreuses. En effet, dans ce dernier cas, les pierres calcaires et les silex sont broyés, réduits en poussière et malaxés de façon à annuler leurs effets nuisibles. Cette machine puissante peut produire, en employant la force motrice de 10 à 12 chevaux, de douze à quinze mille briques par jour. En briques creuses, la production est un peu moindre.

Mentionnons encore les presses à carreaux, briques et tuiles plates de M. Pinette, les machines à briques de M. Fleury, les presses rabatteuses de MM. Chevalier et Bouju, pour remplacer le rebattage à la main, qui a pour but de donner à la brique préalablement séchée en plein air et prise sur le séchoir une grande régularité de forme.

Les briques s'emploient comme autrefois dans la construction des murs de face, de refend, pour les cloisons intérieures. Celles qui sont creuses, c'est-à-dire percées de trous, servent à faire des constructions plus légères, moins sonores; on en fait aussi des hourdis de planchers en fer, comme nous l'avons déjà dit. Quant aux tuiles plates, elles ne s'emploient plusguère qu'en province; à Paris, les couvertures en tuiles se font avec les produits des usines Josson, Muller, Courtois, etc., qui fabriquent en grand les tuiles à recouvrements et à agrafes de leurs divers systèmes; elles se posent sur des lattis plus ou moins espacés suivant la dimension des pureaux.

En dehors de ces différentes inventions, nous citerons les tuiles en terre-grès du Charolais que M. Bossot expose dans l'un des pavillons réservés au Génie civil. Ces tuiles sont vernies, et leur composition est telle qu'aucun acide ne peut y mordre; à plus forte raison, aucun agent atmosphérique ne doit l'attaquer. C'est un produit inaltérable qui devra certainement user plusieurs charpentes. Des poteries, des tuyaux pour conduites d'eau entre autres, sortant de la même fabrique, située à Ciry (Saône-et-Loire), sont de même qualité, le tout est cuit à 1800 degrés et est garanti indéfiniment contre la gelée et toutes les intempéries.

La couverture. — Presque toutes les exploitations ardoisières étaient représentées à l'exposition de 1878; on y voit des spécimens venant d'Angers, des Ardennes, de la Sarthe, de la Mayenne, etc., en blocs, en feuilles, en plaques de diverses épaisseurs, enfin débitées et apprêtées pour la couverture des édifices.

Dans les mêmes salles du Génie civil, les forges de Montataire exposaient leur système d'ardoises en tôle galvanisée (fig. 10 et 11, page 298), dont les dimensions sont de $0^{m},41$ de hauteur sur $0^{m},21$ de large. L'un des côtés est à recouvrement pour s'emboîter sur l'ardoise voisine; elles se fixent avec des agrafes clouées

sur les chevrons, les voliges qui les supportent sont largement espacées entre elles. Le poids d'une couverture constituée au moyen de ces tuiles est de 4k50 par mètre, ce qui est d'une légèreté sans pareille, et le prix de chaque mètre est de 4f50. L'ardoise métallique de Montataire est donc très-économique par elle-même, elle amène encore une réduction sur la charpente qui, avec elle, peut être réduite de dimension, puisque le poids que les bois du comble ont à supporter n'est plus alors que de peu d'importance.

Il existe encore d'autres systèmes de couvertures que nous ne devons pas passer sous silence, entre autres, celui qui est formé par les feuilles de tôles ondulées attachées entre elles par des agrafes, mais il faut dire qu'il est peu employé. La plus usitée de toutes les couvertures est celle qui est constituée par les feuilles de zinc, soudées en principe, et posées maintenant à *dilatation libre* sur des voliges jointives relevées sur des tasseaux en sapin recouverts de couvre-joints. Ce système est bien connu à Paris où il est employé généralement. L'ouvrier chargé du travail de ces couvertures se nomme zingueur, il est souvent en même temps plombier.

Les chéneaux sont en général appuyés sur l'entablement profilé sous le comble; ce sont des sortes de canaux destinés à l'écoulement des eaux pluviales qui peuvent être en terre cuite comme à l'église nouvelle de Saint-Pierre de Montrouge et aux écoles du boulevard Saint-Marcel. Les meilleurs sont en plomb, mais comme leur prix de revient est élevé, on les fait ordinairement en zinc n° 16. Ils sont alors composé de trois planches assemblées d'équerres entre elles afin de former une sorte de boîte à ciel ouvert; on les maintient à l'aide d'équerres en fer scellées dans la maçonnerie, le tout est recouvert par une suite de feuilles de zinc retournées aux angles sur des tasseaux triangulaires et formant un bourrelet avec agrafe qui retient une autre feuille de métal recouvrant la planche extérieure ou *socle*. Des bandes d'agrafes fixées sur l'entablement empêchent la partie inférieure du métal de se relever sous l'effort du vent. Sous le zinc, dans la boîte, est un fond en plâtre avec pente et ressauts pour faciliter l'écoulement de l'eau. Enfin, pour isoler le métal de ce plâtre et lui donner plus de durée, on le pose sur une couche de papier goudron.

La figure 1re de la planche III de notre étude sur la serrurerie, donne la composition d'un chéneau établi sur deux fermes de comble accouplées.

En général, les travaux exécutés en zinc ne doivent pas être mis directement en contact avec d'autres corps métalliques, il faut surtout se méfier du fer, car le rapprochement immédiat de ces deux métaux constitue les éléments d'une pile voltaïque, ce qui contribue à leur destruction. Ce que nous venons de dire est, bien entendu, la condamnation de certains ouvrages de ferronnerie, exécutés depuis peu, où l'on voit souvent un comble en fer couvert de zinc ou même de tôle galvanisée.

M. Bigot-Renoux de Rouen, a inventé un nouveau système de chéneaux étanches (fig. 12, page 298), à joints de caoutchouc, qui a été adopté par la commission de l'exposition et placé dans une longueur de 12,000 mètres sur les bâtiments de l'Exposition universelle de 1878. Ces chéneaux sont en fonte, ils affectent diverses formes en coupe, en se rapprochant toujours de celle d'un caniveau demi-rond. Les raccords ont lieu au moyen d'emboîtements venus à la fonte, et dans lesquels sont pratiquées des rainures recevant des boudins en caoutchouc disposés pour fermer le joint à l'aide d'une compression maintenue constamment par deux pièces de serrage. Dans la figure 12, on voit le raccord A muni de son caoutchouc placé dans la rainure. La figure 13, page 298, représente le joint terminé. La figure 14, page 298, donne la coupe du chéneau en fonte placé sur les grandes galeries des machines, la section étant faite à l'emplacement de la sortie d'eau dans les tuyaux de descente. On voit que ce chéneau est

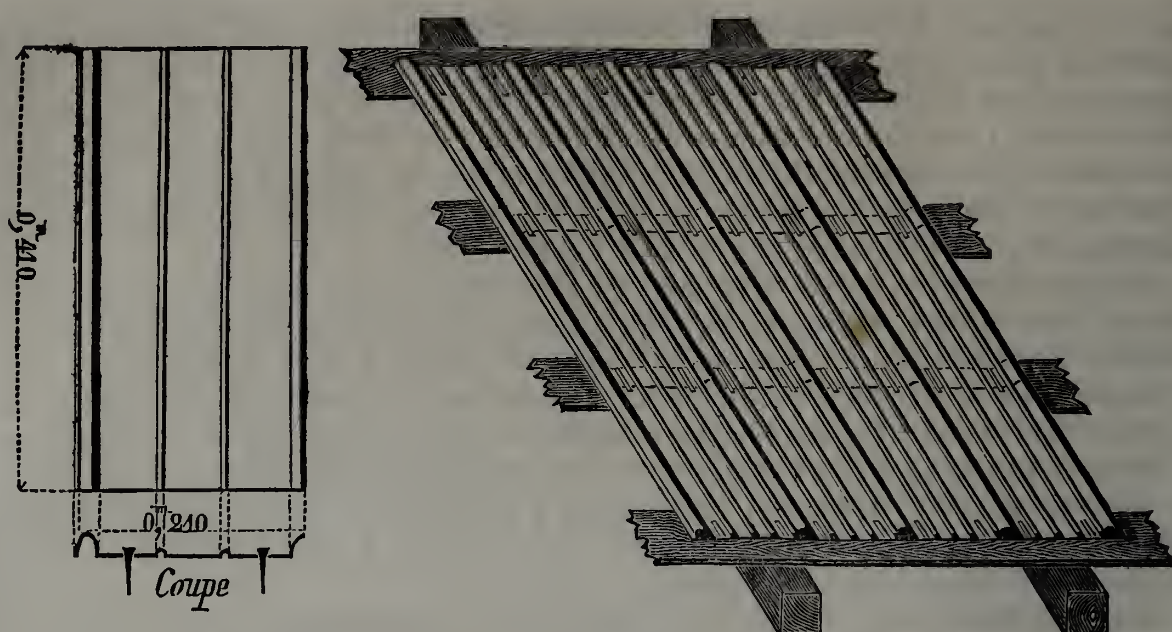


Fig. 10 et 11. — Ardoises en tôle galvanisée de Montataire.

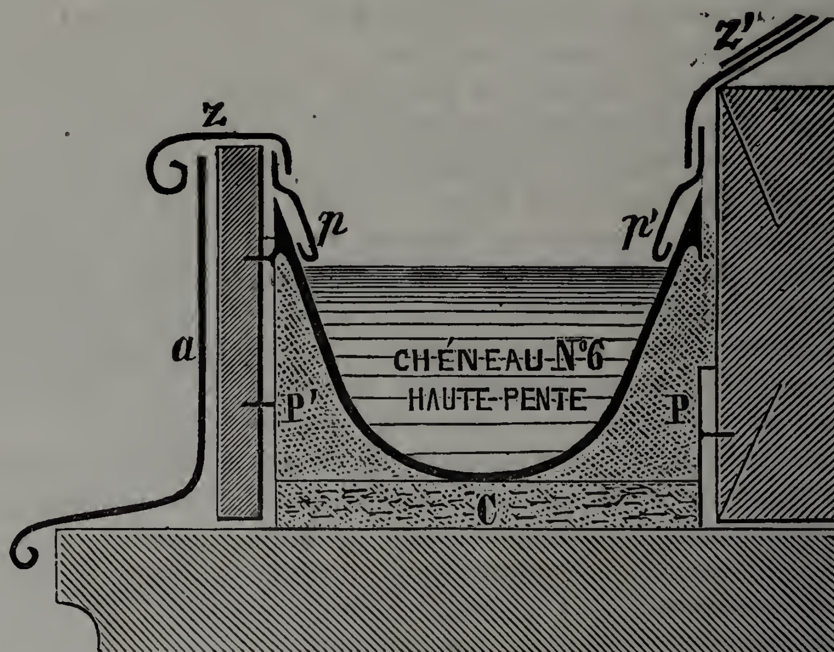


Fig. 15. — Chéneau de l'École de Droit.



Fig. 12. — Chéneau à joints de caoutchouc.

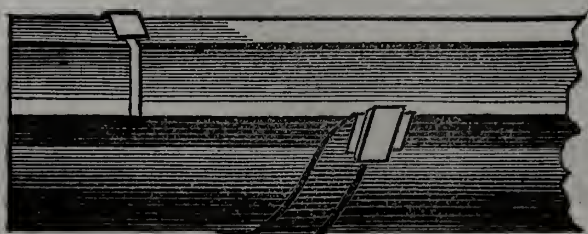


Fig 13. — Le même chéneau avec joints terminés.

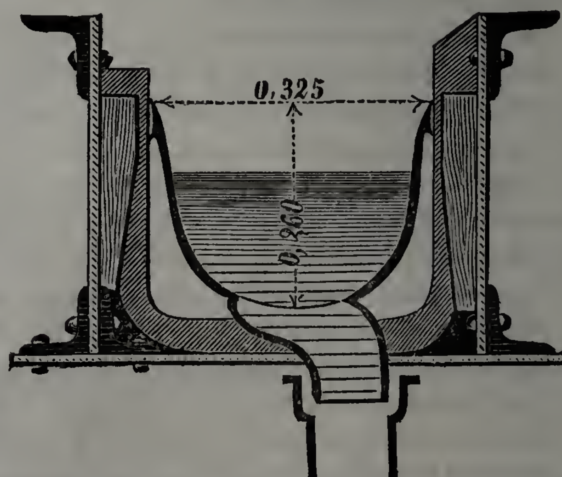


Fig. 14. — Chéneau à joints de caoutchouc placé sur la grande galerie des machines à l'Exposition de 1878.

placé dans une sorte de boîte formée par un coffre en fer composé de parois verticales et horizontales reliées au moyen de cornières. Il est maintenu en place au moyen d'un système de serrage obtenu par des coins de bois. Par mètre courant, ce chéneau pèse 27k72, et coûte 14f10, non compris la pose qui est du reste peu dispendieuse.

Des chéneaux de même nature, et différant peu de forme ont été placés dans diverses gares de chemins de fer, sur les bâtiments des entrepôts de Bercy, sur la toiture en fer de l'Hippodrome, etc. Il a été constaté partout que les joints peuvent subir une dilatation de 15 millim., par mètre, et qu'ils résistent à la chaleur et à la gelée sans jamais fuir. Celui que nous représentons à la figure 15, page 298, est placé en bordure de la façade de l'École de Droit, dont la couverture est en zinc. Sous la dernière feuille de ce métal est ajustée une bavette en plomb, ainsi que sur le recouvrement du socle en bois du chéneau. Ce dernier est maintenu et scellé dans un massif en plâtre et ciment posé sur l'entablement de l'édifice.

Avant de quitter la partie de cette étude qui concerne la couverture, nous dirons quelques mots d'un système curieux que nous avons vu appliqué dans les annexes de la section Belge. Il s'agit d'une toiture sans charpente, ce qui est, sans contredit, très-neuf et très-hardi. Le comble qui abrite les produits céramiques de M. Josson d'Anvers et d'autres fabricants flamands est en effet composé uniquement de feuilles de zinc réunies les unes au bout des autres au moyen de rivures. Elles sont cintrées de manière à produire une forme de comble demi-circulaire ou en coupole. L'écartement de ce comble, qui a environ 10 mètres dans œuvre, n'est maintenu absolument que par des tringles en petit fer rond très-distancées entre elles, et qui sont serrées au moyen d'écrous sur un fer à double T recevant le bas des premières feuilles du zinc. L'idée est ingénieuse sans aucun doute, mais gare aux coups de vent! Cependant, nous préférons encore cette couverture aux papiers et cartons-bitumés qui sont de beaucoup plus économiques. Ce sont des substances inflammables, par excellence, et malgré les quelques services qu'elles peuvent rendre à certains industriels, peu jaloux de leur sécurité, nous les condamnons absolument, et nous trouvons que les municipalités de nos villes devraient inexorablement proscrire ces éléments d'incendie. On admettrait, au pis aller, l'installation d'un atelier construit à prix réduit au milieu de la campagne, avec des matériaux et des procédés semblables, c'est la seule raison qui nous a fait comprendre la présence à l'exposition de 1878 des produits dont nous nous occupons en ce moment.

Les papiers et les cartons bitumés fabriqués à l'usage des toitures, se posent comme on le sait, sur une couche de goudron bouillant appliqué sur la volige. Des couvre-joints légers en arrêtent les feuilles et empêchent autant que possible les infiltrations. Le mérite unique de cette sorte de couverture est de coûter très-peu : on peut arriver au minimum à ne dépenser qu'un franc par chaque mètre de surface de cette sorte d'ouvrage; il est vrai que l'on n'en n'a que pour son argent.

La plomberie. — A Paris, le plombier fait tous les ouvrages en plomb coulé et laminé, comme couvertures, conduite des eaux, revêtement de terrasse, réservoirs, etc. Il est aussi fontainier, c'est lui qui organise les cabinets d'aisance avec leurs cuvettes avec ou sans effets d'eau, il ajuste et pose les robinets, les pompes, etc. Son outillage consiste en planes, serpettes, grattoirs, marmites et fers à souder, attèles ou moufflettes, emporte-pièces, moules à tuyaux, jauges, clefs de robinets, équerres, règles, compas, limes, râpes, cuillers, etc. Le plombier fait en outre la pose des appareils et des tuyaux de gaz. On voit que son industrie s'est étendue considérablement.

Parmi les nombreux systèmes de robinets exposés (1), nous avons remarqué celui de M. Chameroy. La fermeture lente et automatique de ces appareils évite sûrement les *coups de bélier* ou chocs désagréables qui se produisent dans les conduites d'eau par l'emploi des autres systèmes de robinets actuellement en usage. Cette amélioration est obtenue sans le secours de réservoir d'air ou de tout autre appareil auxiliaire auxquels on est obligé d'avoir recours, même avec les robinets à ressort exigés par la ville de Paris, dans nos maisons particulières. Citons parmi les appareils destinés aux cabinets d'aisance, ceux de MM. Rogier et Mothes, bien connus en France. Ces appareils fonctionnent seuls, le récipient qui reçoit les matières liquides ou solides est en forme de valve et agit à contrepoids. Aussitôt que ces matières l'emportent au point de vue de la pesanteur, la valve bascule sur pivot, se place dans une position presque verticale et reprend aussitôt qu'elle est déchargée sa position première, c'est-à-dire qu'elle vient de nouveau reformer le fond de la cuvette, en la fermant d'une manière tout à fait hermétique.

Nous arrêtons ici le troisième chapitre de notre travail que nous allons compléter en faisant, avec le lecteur s'il veut bien nous suivre, une promenade instructive à travers l'Exposition que nous allons visiter sur tous les points avec autant d'ordre et de régularité que cela sera possible. Il ne faut pas se dissimuler que ce n'est pas une mince besogne. Préparons donc nos jambes, et faisons en sorte de ne pas nous égarer dans cet immense dédale.

III. — Les procédés, ouvrages, outils et machines exposés.

1° Dans les pavillons du Génie civil, au Trocadéro. — Nous tenons trop à encourager les études professionnelles, pour ne pas dire tout d'abord un mot de l'*exposition du cercle des maçons et tailleurs de pierre*. Cette exposition intéressante au point de vue pédagogique, consistait en une série de modèles d'arcs, de voutes, de pénétration, etc., servant à la démonstration. Toute la science de l'appareilleur y était indiquée par les moyens les plus pratiques, on ne peut qu'applaudir à ces procédés d'instruction ingénieux organisés par des hommes très-compétents.

Les ciments. — La *Société des ciments de Valbonnais* a exposé ici des médaillons, des frises courantes, des vases et d'autres objets d'art. Elle nous a indiqué les travaux qu'elle a exécutés, parmi lesquels nous remarquons le canal de Beaumont, les chapes et dallages des forts de Grenoble, de Montbéliard, etc., des chaussées de rues et des trottoirs à Lyon, Saint-Étienne, Marseille et Dijon, des égouts et conduites d'eau, etc. C'est elle qui a construit la façade architecturale de l'entrée principale de la classe 66.

M. Puton, à Gironcourt (Vosges), ont exposé des échantillons de tuyaux en ciment pour la conduite des eaux. Ces tuyaux de divers diamètres se font sur place, avec des ciments à prise lente ; on les coule sur le fond de la tranchée, ce qui donne une adhérence complète et forme tout naturellement une fondation. De là, absence de tassement, même dans les terrains mous et tourbeux que l'on rencontre souvent dans les vallées.

Les hourdis de planchers, etc. — Parmi les différents systèmes de hourdis des planchers en fer, nous avons remarqué celui de M. Gabriel Journet qui se com-

(1) Voir l'article *Hydraulique*, t. I, p. 1 et suivantes.

pose de claveaux en plâtre, à ouvertures tubulaires, ensuite celui de M. Laporte de Saint-Mandé ; ce dernier exposant le fait consister en une suite de poteries creuses en terre cuite, dont les parois sont disposées pour s'emboîter entre elles et avec le fer à double T. Ce système détruit la sonorité, est léger, la pose en est facile, et sa solidité est complète, puisque d'après les procès-verbaux dressés au Conservatoire des Arts et métiers, par la société centrale des architectes, un mètre superficiel de ce hourdi n'a cédé que sous le poids de 5018 kilogr., tandis qu'une surface égale de hourdis ordinaires en plâtras et plâtre était détruite sous l'effort d'une pression de 1880 kilogr. Enfin, les vides de ces poteries peuvent être utilisées comme prises d'air, ou conduites d'air chaud par les fumistes, et sans aucun inconvénient. Le même exposant a inventé un système de crochets-agrafes applicables à la pose des lambourdes des parquets ; il supprime par ce procédé les scellements intermédiaires et les chaînes. Les crochets sont fixés sur les solives en fer dont ils embrassent les chapeaux supérieurs, leur tête est taraudée et porte un écrou noyé dans l'épaisseur de la lambourde qui devient une moise pour le plancher en fer. Il est évident que l'idée est ingénieuse et qu'elle apporte une notable économie dans la construction.

M. Cartaux fabrique des briques tubulaires destinées aux hourdis de ces planchers ; elles sont de différentes mesures, certaines d'entre elles ont $0^m,33$ sur $0^m,16$ et $0^m,10$ d'épaisseur, les ouvertures ont $0^m,06$ de diamètre. Ce sont des produits très-légers, insonores et économes que nous nous promettons d'employer à la première occasion. Cet industriel livre aux entrepreneurs des carreaux de plâtre pleins et creux, avec amalgame ferrugineux, destinés à la construction des cloisons de toutes épaisseurs qui offrent aussi les garanties de légèreté et d'insonorités recherchées dans nos constructions. Ces carreaux ont $0^m,06$, $0^m,08$, $0^m,12$ et enfin $0^m,16$ d'épaisseur ; ils se posent absolument de même que les carreaux pleins employés journellement.

Marches en zinc. — Les marches en zinc fondu de M. Fouchard, ont été placées sur les combles du palais du Trocadéro. On sait qu'avec elles, on établit sur les toits de nos édifices des chemins qui en rendent l'accès facile, et qui évitent ainsi de nombreux accidents. Ces marches sont pleines et quadrillées sur le dessus. Elles se fixent en place à l'aide de deux tenons ; trois de ces marches forment un mètre courant.

Monte-charges. — Nous citerons encore le modèle des montes-charges ayant servi à élever les tours du palais du Trocadéro, avec mouvements d'ascension et de descente simultanés ; un autre modèle d'installation sur une sapine, d'un treuil particulier à double noix, et parachûte automatique de sûreté, avec guide-tendeur ; enfin, un treuil en fer forgé et cémenté, appliqué sur une chèvre. Ces appareils sont dus à Mme Ve Bernier.

Enduits hydrofuges. — Quelques exposants, qui se sont donnés pour but l'assainissement de nos habitations nous montrent différents produits parmi lesquels nous citerons en première ligne les *ciments-porcelaines anti-nitreux* de M. Candelot, qui s'emploient absolument comme des peintures, les *enduits hydrofuges* de M. Salmon, constituant une série de produits combinés pour chaque espèce de matériaux : pierres et plâtre, bois et métaux, céramique, tissus, toitures, ciments, etc. Ces derniers produits nous ont semblé posséder une solidité remarquable, leur adhérence sur les métaux est incontestée. Quelques-uns d'entre eux résistent à des températures très-élevées, même au-dessus de 200 degrés ; ils peuvent être appliqués utilement à recouvrir les surfaces des toitures métalliques, les grilles, charpentes en fer, panneaux en tôle, colonnes en fonte, fermetures de magasins, balcons, fers dorés, etc. L'*enduit copal,* pour

peintures murales, est d'une résistance à toute épreuve et d'une transparence sans égale. Enfin, l'*enduit Moller* est un excellent hydrofuge, il peut être employé dans les fondations des maisons, au sortir du sol, pour empêcher l'humidité de remonter dans les murs. L'inventeur l'a encore destiné à peindre les tuiles de nos couvertures afin de les rendre imperméables et de leur donner une durée indéfinie. Cet enduit s'applique à chaud au pinceau, et à la température de 50 à 60 degrés.

Citons encore les préservatifs Caron; l'*enduit hydro-nitrofuge* de M. Bernard de Saint-Denis, qui sert non-seulement à combattre le salpêtre et l'humidité, mais encore à préserver les maçonneries de l'action de l'eau de la mer et des acides, et à faire les scellements du fer, dans la pierre et la brique, ainsi que l'a constaté, dans un certificat favorable, l'architecte de l'Opéra, M. Charles Garnier. On doit encore à M. Pairaud, architecte à Périgny près la Rochelle, une peinture hydrofuge contre le salpétrage et l'humidité, applicable sur les murs et les cloisons, et neutralisant l'oxydation des fers. Ce produit, dont nous avons pu apprécier les bons résultats, est composé d'une poudre mélangée à de l'huile siccative spéciale. Au moment d'appliquer la peinture qui résulte de ce mélange, on fait à chaud, et par poids égaux, l'amalgame des deux éléments liquide et solide; la surface à préserver est chauffée au moyen d'un gril, et alors seulement elle est recouverte par le préservatif employé aussi chaud que cela est possible. Ce mode d'emploi, applicable d'ailleurs à toutes sortes de surfaces, atteint son maximum d'effet sur les murs non crépis, pourvu que toute trace de chaux hydraulique soit soigneusement éliminée; deux jours après l'application, la surface devenue complétement sèche est apte à recevoir une couche de plâtre; si l'opération a eu lieu sur un enduit, on peut y appliquer, au bout du même laps de temps le papier de tenture ou tout autre enduit superficiel.

Enfin, cette peinture fait immédiatement corps avec la pierre fraîche, elle s'incorpore intimement aux crépis en mortier, aux enduits en plâtre encore mouillés, et leur communique une dureté considérable. Elle s'emploie avantageusement dans les pièces basses, les salles de bains, buanderies. etc., sur les parpaings en pierre ou en briques ainsi que sur les parements intérieurs des lambris et les autres ouvrages de menuiserie exposés à l'air humide. Mêlée au mastic ordinaire des vitriers, elle lui donne une grande consistance, le durcit et l'empêche de se casser en séchant. Sur le fer, elle remplace le minium et les applications métalliques. Un kilogramme de cette peinture couvre en moyenne quatre mètres carrés de surface et revient à deux francs, ce qui porte le prix du mètre superficiel à $0^f,50$, prix peu élevé.

La céramique du bâtiment. La couverture. — La céramique du bâtiment dont on voit figurer les produits de tous les côtés, compte ici comme exposants: MM. Masselin, Meunier, Chevalier et Bouju, Étienne, Courtois, etc., c'est-à-dire les principaux fabricants de ces produits si utiles à la construction. Tous les objets exposés par eux sont, sans exception, parfaits aussi bien au point de vue de la régularité de la fabrication, qu'a celui de la bonne qualité des terres employées. Divers systèmes nouveaux de couverture des édifices sont livrés à l'appréciation des constructeurs, nous allons en décrire quelques-uns qui nous ont semblé présenter quelques avantages.

M. Guillet-Brossette de Lyon, fabrique des tuiles métalliques en tôle galvanisée de grande dimension. Chacune d'elle est composée d'une feuille de 1 mètre de longueur sur $0^m,34$ de large; elles s'agrafent sur le sens de leur longueur au moyen de boudins renversés, et au milieu de leur surface, elles sont embouties afin de former un dos d'âne. Cette forme particulière permet d'obtenir sur la même tuile deux ruisseaux d'écoulement d'eau très-distincts. Le système

de couvertures de cet exposant est complété par des chéneaux de toutes les formes, des arrêtiers, des faîtages, des bandes de rives très-bien conçus, et toujours fabriqués avec le même métal. Nous nous déclarons très-partisans de l'emploi de la tôle pour ces sortes d'ouvrages, pour plusieurs raisons, dont la principale est la dilatation très-peu prononcée de cette matière (le zinc se dilate deux fois et demie davantage). Du reste, les ingénieurs et architectes de l'Exposition partageant notre avis, en ont fait employer plus de cent mille mètres carrés pour la couverture du palais du Champ-de-Mars. D'autres tuiles métalliques à recouvrement, et de plus petite surface sont exposées par M. Menant. Ces tuiles s'agrafent entre elles, et se fixent sur des tasseaux. Avec M. Louis Bart, cette sorte de couverture, devenue une invention très-ingénieuse, se compose de tuiles portant leurs couvre-joints et des ressauts successifs avec des sous-joints qui les calfeutrent. La pente exigée est alors réduite à $0^{m},04$ par mètre, et le prix de la charpente du comble est considérablement diminué. Avec ce dernier système, le couvreur n'a plus de soudures à faire, les callotins et les clous n'existent plus, la dépose et la repose des tuiles se fait sans déchet et avec autant de facilité que lorsqu'il s'agit de la tuile céramique. Enfin, le prix du mètre superficiel de cette sorte de couverture n'est pas plus élevé que celui du zinc posé à dilatation libre, ce qui est à considérer.

M. Chevreau-Lorrain de Saumur, et Mme Ve Radenne, ont réalisé tous deux un perfectionnement notable sur les systèmes jusqu'à ce jour employés par les couvreurs pour la pose de l'ardoise. Ce progrès consiste dans l'emploi de crochets à agrafes destinés à remplacer l'usage du marteau et les clous qui fixent ordinairement les ardoises sur les voliges. Le système du premier de ces exposants est très-simple : il se compose d'un crochet métallique en gros fil de fer galvanisé à double agrafe, chaque extrémité de ce petit appareil d'attache est donc cintrée afin de retenir d'un côté le bas de l'ardoise, et d'embrasser de l'autre la volige. Le crochet est roulé sur lui-même vers le milieu, de façon à former ressort à pincette, cette disposition ingénieuse le force à rester constamment pressé sur l'ardoise de façon à neutraliser entièrement les secousses du vent. Le second système se rapproche beaucoup de celui que nous venons de décrire, mais les crochets employés sont faits en forme de pince pour la partie qui entoure la volige. Le résultat obtenu est évidemment moins parfait, les crochets ayant moins de résistance que ceux du système précédent. En résumé, les avantages que procurent ces nouveaux procédés sont les suivants : une solidité considérable, une très-grande célérité dans la pose, ce qui est très-appréciable à une époque où la main-d'œuvre est si coûteuse; enfin, une économie notable, les ardoises ne supportant plus le coup de marteau, ce qui amène la suppression presque complète de la casse.

Les fabricants de couvertures en carton au autres substances bitumées sont nombreux. Ils décorent leurs produits de noms plus ou moins pompeux. C'est ainsi que M. Desfeux nomme les siens *carton-cuir*, et que M. Letacq offre ses produits au public sous le titre de *chanvre-bitumé*. Nous avons dit précédemment ce que nous pensions de ces diverses couvertures qui n'auront jamais notre approbation. Le lecteur nous permettra donc de passer vivement auprès de ces produits, afin de pouvoir visiter plus longuement des ouvrages et des matériaux qui doivent nous intéresser davantage.

La menuiserie. — La menuiserie est représentée dans les pavillons du Génie civil par différents ouvrages, parmi lesquels nous avons à citer des parquets à mosaïque, à petites frises, etc., tous très-soigneusement exécutés avec des bois choisis, richement maillés. Parmi les exposants de cette catégorie d'ouvrages, nommons MM. Gourguechon bien connus et depuis longtemps pour leurs divers

systèmes de parquets dont les frises se scellent à bain de bitume, ou se posent sur des lambourdes scellées de même. Ce système excellent au point de vue de l'assainissement des habitations, ne présente qu'un désavantage : c'est la dureté qu'il offre sous la pression du pied, causée par le manque absolu d'élasticité des bois emprisonnés dans la masse du bitume.

M. Bosc expose un modèle d'escalier dont les marches sont fortement arrêtées au moyen de cornières sur un limon en fer du profil à demi T chantourné et débillardé, et dont la façon est certainement très-coûteuse. Ce système, qui du reste est employé quelquefois dans nos constructions parisiennes, a l'avantage de présenter de grandes qualités de solidité, en supprimant surtout l'inconvénient de l'ouverture des joints assemblés des limons ordinaires ; on sait qu'avec les gerçures qui se produisent souvent dans les bois d'un escalier, le retrait des pièces qui composent cet ouvrage délicat constitue une mal-façon très-fréquente. L'exposant monte tout naturellement, les barreaux des rampes sur le fer des limons au moyen de tiges taraudées portant écrous serrés à l'intérieur.

M. Cornette, menuisier à Bar-sur-Aube, a imaginé un nouveau système de croisée dont les profils sont disposés de façon à intercepter le passage de l'air extérieur et de la pluie. La pièce d'appui, dans cette invention nouvelle, a trois rigoles dont la plus grande et la plus petite, creusées dans la feuillure sont munies d'un canal unitaire; celle qui est placée à l'intérieur a pour mission de rejeter la buée qui s'écoule par un canal isolé. Le jet d'eau des châssis ouvrants s'emboîte parfaitement avec la pièce d'appui; il est refouillé de larmiers qui correspondent à ces rigoles. Enfin, les petits bois de la croisée sont munis de petites gouttières à l'intérieur et de canaux d'écoulement, la gueule de loup est à profil curviligne brisé afin d'opposer un angle d'arrêt au vent et à l'eau, et la noix ainsi que les feuillures des traverses du haut présentent des refouillements en forme de serpentin qui sont autant d'obstacles à l'arrivée de l'air et des pluies. Cet ensemble constitue un travail complet et très-bien compris; il y a là un véritable progrès que nous devons constater.

M. Alexandre d'Haraucourt (Ardennes), fabrique mécaniquement des portes et des croisées, dont il a envoyé quelques spécimens. Ses portes à petits cadres et à plate-bandes, bâti en chêne et panneau en sapin, de 0,034 d'épaisseur, sont livrées au consommateur à raison de 8f75 le mètre ; d'autres portes à grands cadres tout en chêne, de même épaisseur valent 16 francs. Ses persiennes de 0,034, bâti et lames en chêne, sont du prix de 9f25 ; enfin, les croisées, bâtis de 0,054, châssis de 0,034 sont cotées 7f50 et compris ferrures 10 francs; avec petits bois disposés pour recevoir des glaces, et traverse du haut cintrée, elles coûtent 1 franc par mètre en plus. Ces menuiseries sont bien exécutées.

Grues et excavateurs. — Nous ne pouvons quitter les salles du Génie civil sans dire un mot de la grue de M. Cousté, qui est un appareil roulant à chariot sur des rails très-bien combinés, et sans décrire l'*excavateur* de M. Couvreux. C'est un appareil destiné aux grands travaux de terrassements, comme ceux que nécessitent l'établissement des ports, des canaux, des grandes tranchées, etc. Les nombreux et importants travaux de terrassement qui ont été exécutés depuis un demi-siècle, ont fait naître la nécessité de trouver des engins susceptibles d'en activer l'exécution et de réduire la main d'œuvre; la plupart de ces travaux ne pouvaient d'ailleurs se faire à bras d'homme, c'est ce qui amena l'inventeur à construire un genre de machine pouvant à la fois extraire les terres, les enlever et les charger directement en wagons.

L'excavateur (fig. 16), entièrement métallique, présente la forme générale d'une locomotive. Il se compose d'un chariot portant un générateur, et les mécanismes moteurs et extracteurs. Le chariot est monté sur quatre essieux, munis

chacun de trois roues; celle qui est à l'extrémité de l'essieu se démonte lorsqu'il s'agit de circuler sur une voie réglementaire. La voie de service de l'excavateur présente trois lignes de rails, dont deux sont à la voie de 1 mètre, la troisième est à $0^m,50$ d'écartement; toutes trois sont placées latéralement à la fouille. L'appareil est muni de deux machines, dont l'une servant à l'extraction est de la force de 20 chevaux; l'autre, servant à faire circuler l'excavateur sur la voie de travail n'est que de 4 chevaux. Le générateur est une chaudière horizontale tubulaire, à flamme directe, ayant une surface de chauffe de 40 mètres et timbrée à 6 1/2 atmosphères. Le tout est monté sur le chariot et disposé de façon à mettre en mouvement un engrenage fixé sur un arbre horizontal placé

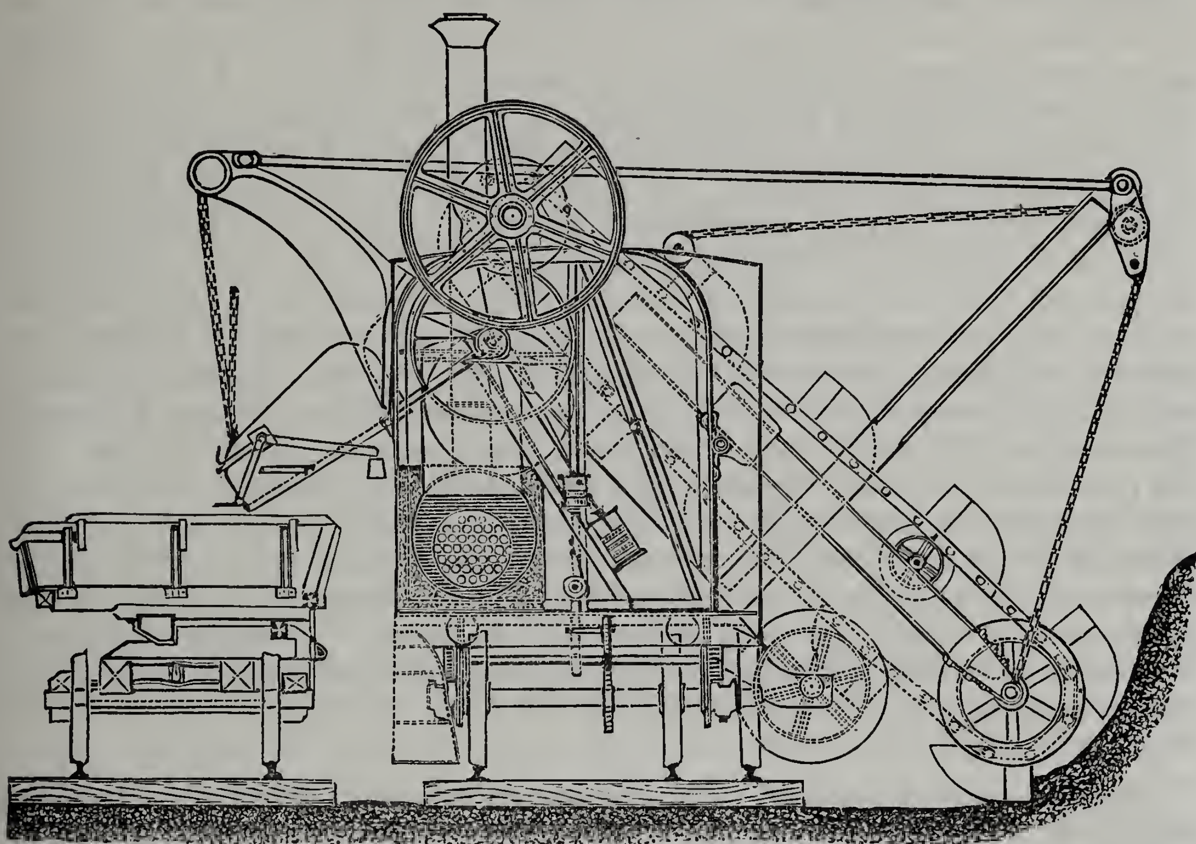


Fig. 16. — L'excavateur Couvreux.

au sommet de l'appareil et muni de deux cames d'entraînement qui mettent en mouvement deux chaînes Galle, sur lesquelles sont montés des godets spéciaux pour opérer l'extraction des terres. Le chapelet de godets est disposé sur un châssis dont la base porte un tourteau qui en permet la marche sans fin. Le tout est suspendu à un bras disposé comme celui d'une chèvre et munie d'une chaîne et d'un palan dont la position, en porte à faux de l'appareil permet de faire monter et descendre les godets extracteurs, au moyen d'un treuil du système Bernier, suivant les besoins du travail. Les godets sont à fond mobile, à charnière, ils se ferment et s'ouvrent par le mouvement de l'appareil; en arrivant au sommet de ce dernier, leur contenu tombe dans un couloir d'où il glisse directement sur le wagon. Chacun de ces godets cube environ 170 litres.

La machine d'extraction marche à la vitesse de 80 tours à la minute et produit le travail de 30 godets, soit $5^m,10$, ce qui fait par heure 306 mètres cubes et par journée de travail de 10 heures 3068 mètres cubes. De cette quantité, il faut déduire un 1/3 pour temps perdu ou arrêts pendant le changement de wagons, etc.; reste en travail effectif 2040 mètres cubes de production par jour. Il est bien entendu que cette production est variable suivant la nature du terrain. Le poids total de l'appareil est d'environ 45,000 kilogr. Ainsi qu'il a été

dit ci-dessus, il faut à cet appareil une voie spéciale à trois rails, plus une voie ordinaire pour le service du transport des produits, et sur laquelle circulent deux trains de chacun 20 wagons et 2 locomotives. On fait varier l'écartement entre les deux voies suivant la nature du terrain, d'après laquelle on doit modifier l'inclinaison du couloir qui sert à déverser les produits dans les wagons; on comprend, en effet, que si les terres sont glaiseuses, par exemple, il faut donner plus de pente au couloir.

L'excavateur travaille latéralement à sa voie et creuse une fouille qui peut atteindre jusqu'à 5 mètres de profondeur. Il peut également travailler en sens inverse, c'est-à-dire être placé dans une cuvette ou fouille préparée à l'avance et exécuter un nivellement de surface; cette disposition est représentée dans notre figure. Dans un cas comme dans l'autre, on ripe la voie après chaque passe, soit en rapprochant la voie de la masse de terre, soit en l'écartant de la fouille, de manière que les godets aient toujours une certaine tranche de terrain à enlever. Chacune de ces deux méthodes de travail a son genre de godets; pour travailler en décapement, les godets sont ceux des dragues flottantes; mais pour le travail qui a spécialement motivé la création de l'excavateur, on emploie des godets qui marchent dans le sens contraire des autres, c'est-à-dire descendent vides sur l'élingue ou châssis plongeur et remontent en glissant sur le talus où ils se remplissent en prenant la terre par tranches et latéralement suivant la vitesse d'avancement de l'appareil. En un mot, l'excavateur opère son travail à peu près de la même manière que l'outil d'une machine à raboter. L'excavateur que nous venons de décrire a rendu les plus grands services lors du percement du canal de Suez (1863 à 1868). C'est avec l'aide de ces appareils que fut creusée la tranchée du seuil d'*El-Guisr*, qui produisit 6 millions de mètres cubes de terres de déblai, sur une étendue de 15 kilomètres. Les résultats que donnent l'emploi de pareilles machines sont d'une puissance remarquable quand on les compare à ceux que l'on obtient avec le travail de l'homme. Rappelons à ce sujet qu'un bon terrassier ne peut au maximum, enlever que 10 mètres de terre par jour et qu'il faut un second ouvrier pour les charger dans le tombereau ou le wagon.

Séchage artificiel des bois. — Nous avons remarqué le système de séchage des bois de M. V. Fréret, dont les étuves à circulation de fumée, avec évaporation de l'humidité au moyen de cheminées d'appel et de carneaux, nous ont paru bien conçus. Ces étuves consistent essentiellement en un espace clos, en maçonnerie, munis : 1° d'un foyer spécial pour la production de la fumée et des gaz chauds qui l'accompagnent, et qui complètent son action; 2° d'une disposition variable de conduits de circulation qui font pénétrer la fumée et ces gaz dans toutes les parties du bois à dessécher; 3° de cheminées d'appel, à régulateurs et à carneaux d'évaporation placés autour de l'espace clos et dont le nombre et la position varient avec l'importance et les dimensions de l'étuve. Si l'on considère qu'avec ce système, on n'a plus besoin d'approvisionner pendant de longues années d'avance, des bois que l'incendie, les insectes et la pourriture peuvent détruire, et si l'on se rappelle que les matières pyroligneuses et créosotées que la fumée introduit dans les fibres du bois le rendent aussi indestructibles que les corps organiques conservés depuis des siècles, au moyen de matières identiques, si enfin l'on met aussi en ligne de compte l'économie des frais de transport et de douane résultant de la diminution de poids très-notable que la dessication fait subir au bois par ce procédé (au moins 35 %), on n'hésitera pas à trouver que les étuves de M. Fréret sont appelées à se répandre de plus en plus dans les usines et les grands chantiers.

Le granit. — Les pierres de granit exposées par M. Yvon sont extraites des

gisements du département de Maine-et-Loire. Ce département est traversé à sa base, au sud- ouest, par une bande de granit dont le centre est occupé par la commune de Monfaucon. A mesure que l'on remonte vers la Loire, on trouve près de Chemilly un lit de granit non apparent qui est recouvert par les schistes. En traversant la Loire, on trouve sur le territoire même de la ville d'Angers, des pointements de granit récemment mis à découvert. L'emploi de ce granit est très-répandu à Angers comme en Bretagne, où on le voit apparaître souvent sous la forme de linteaux et d'appuis de portes et de croisées. On en trouve des morceaux qui ont jusqu'à $7^{m},60$ de longueur. La quantité de granit livrée au commerce par l'exposant varie entre douze et quinze mille mètres cubes; en outre des pavés d'échantillons, au nombre de 40 à 50,000 sont fournis pour le besoin de la voirie à différentes villes.

La serrurerie. — On remarquera peut-être que nous avons laissé de côté, dans la présente étude, tout ce qui touche à la serrurerie, art industriel largement repésenté dans les galeries du Génie civil. Nous renvoyons les lecteurs que cette spécialité intéresse, à l'étude spéciale de ces ouvrages que nous avons faite dans une autre partie de l'œuvre considérable à laquelle nous sommes heureux d'avoir collaboré, sous la direction de M. Lacroix.

Les baies métalliques. — M. Guipet est l'inventeur d'un système de baies métalliques fabriquées en fonte douce, d'une seule pièce, ayant pour but d'éviter les crevasses et déchirements qui se produisent presque constamment dans les maisons construites avec rapidité, et dans l'édification desquelles on fait entrer le moellon, la brique ou la pierre de qualité secondaire. Les baies métalliques se composent de tableaux avec appuis et chambranles moulurés sur trois sens, elles peuvent être couronnées ou non de frontons, de motifs d'ornementation tels que clefs, mascarons, etc. Elles se posent au moment de l'arrasement des murs; on les scelle par les procédés ordinaires. On obtient ainsi et très-vite l'encadrement des croisées de l'édifice, sans avoir à y revenir plus tard pour faire les enduits de tableaux, les moulures de ravalement et les scellements des gonds des persiennes, car les baies métalliques portent ces ferrures, qui se soudent en place lors de leur fusion. Une de ces baies de $1^{m},90$ de hauteur sur 1 mètre de large dans œuvre, sans fronton, pèse 100 kilogr , elle est livrée à raison de $0^{f}50$ le kilogr., soit 50 francs. Ce prix ne nous semble pas excessif; après l'avoir comparé à la dépense nécessitée par une baie en pierre de Vergelé avec appui et moulures, nous trouvons même qu'il y aurait un écart en faveur des baies métalliques qui, en outre, présentent l'avantage de la rapidité d'exécution. Mais elles laissent à désirer sous d'autres rapports; nous avons parlé des gonds qui viennent se sceller dans la fonte au moment de la fusion, et nous sommes forcé de faire remarquer que ce procédé ne vaut absolument rien ; l'ouvrier fondeur chargé de ces sortes de placements n'y apportant en général aucune précision. Il vaudrait beaucoup mieux ajuster et poser ces pièces après coup par les moyens ordinaires; cela serait d'autant plus facile que les baies métalliques sont en fonte douce, chose nécessaire, puisqu'il faut y rapporter des balcons et des battements. De plus, nous savons tous que la voussure des baies ne fera aucun mouvement, qu'elle résistera avec facilité à tous les efforts de tassements, si elle a été armée de linteaux suffisants; dans la bonne construction, les déchirements et crevasses que l'inventeur redoute et auxquels il prétend parer, n'existent pas. Reste donc seulement la question du temps économisé au moyen de l'emploi de ses baies; il n'y a rien que cela d'incontestable dans les affirmations de M. Guipet.

Maisons économiques. — M. Harlingue architecte, soumet à l'approbation

du public un spécimen de maison construite économiquement. C'est la représentation exacte au moyen d'un modèle fait à l'échelle, d'un bâtiment que l'exposant a élevé à Paris dans le XVIIIe arrondissement, et qui se compose : d'un rez-de-chaussée élevé sur caves et comprenant trois boutiques ; de quatre étages carrés divisés chacun en trois logements indiqués sur les plans annexés par des teintes de couleurs différentes ; enfin d'un cinquième étage sous-comble, divisé également en trois logements. Trois cabinets d'aisance placés dans l'escalier commun desservent les quinze logements ; la vidange s'opère par l'égout public, au moyen de tinettes en tôle, ainsi que le permet l'adoption du nouveau système de fosses mobiles adopté par la ville de Paris. L'eau de la ville et le gaz sont installés dans la maison. Ce bâtiment qui est, on le voit, disposé pour recevoir des locataires peu fortunés (le prix des logements n'excède pas 400 fr.), a 130 mètres de superficie ; le prix du mètre superficiel ressort à 480 francs, ce qui est d'un bon marché assez remarquable. L'exposant arrive à ce résultat par les moyens suivants : division du travail par nature d'entreprise ; traité à forfait avec chaque entrepreneur ; emploi de vieux matériaux provenant de démolitions voisines, tels que : pierres de taille, moellons, briques, charpentes, portes et croisées, cheminées, parquets, etc. ; ces matériaux devront être choisis de bonne qualité, bien entendu ; enfin absence de toute ornementation, et conséquemment suppression des corniches, rosaces, peintures en décors, balcons saillants, etc.

Nous avouons que ce genre de construction ne nous sourit guère, le réemploi de ces matériaux étant généralement très-coûteux, à cause de la main-d'œuvre nécessitée par la nouvelle taille, et ne donnant que des résultats très-médiocres et très-inférieurs à ceux que l'on obtient en employant des marchandises neuves, nettes et propres. Quant à la façon de traiter les affaires à forfait, *sur soumission*, elle est connue depuis longtemps ; c'est en effet un système qui présente l'avantage de donner la certitude d'une exécution rapide, et qui permet d'arrêter d'avance le prix de revient de la maison, sauf le supplément qu'il est difficile, sinon impossible, de ne pas voir apparaître plus tard. Ajoutons que les vieux matériaux de bonne qualité n'existent pas toujours ; à Paris, on en trouve facilement lorsque les démolitions sont considérables, comme cela a eu lieu sous l'empire ; mais, dans les temps ordinaires, il serait fort difficile d'en trouver ; en province, il n'y faudrait pas songer. Le système de M. Harlingue donnera donc des résultats très-restreints.

Appareils de cabinets d'aisance. — Signalons en terminant l'examen des ouvrages et produits exposés dans les pavillons du Génie civil, les appareils Renaux qui fonctionnent sans mécanisme, à double effet d'eau alternatif, avec lesquels il n'y a à craindre aucune émanation, l'obturation étant obtenue par l'eau déversée dans l'intérieur de la cuvette, et le système très-ingénieux de M. Blandin qui a trouvé le moyen de faire agir le mécanisme des cuvettes de ce genre, en ouvrant la porte du cabinet. Ce procédé qui est une garantie de salubrité est fort simple. Sur la ferrure de la porte est adapté un ressort à torsion qui fait mouvoir une branche de bascule tout à fait semblable à celle de nos sonnettes d'appartement et à laquelle est attachée un fil métallique. Le système est complété par l'adjonction des mouvements nécessaires ; c'est un tirage absolument identique à ceux de nos sonneries ; on conçoit qu'il fait manœuvrer aussi facilement l'appareil d'un siége que ces dernières. C'est un avantage précieux pour les grands établissements, tels qu'hôpitaux, colléges, chemins de fer, etc.

2° Dans les pavillons de Magdebourg et aux abords (derrière l'aile gauche du Trocadéro) (1).

Engins divers. — Nous trouvons ici divers engins disposés pour le service des constructions, entre autres des locomobiles de systèmes divers, un wagon à caisse automatique versant indifféremment des quatre côtés, etc.

M. Papin, un brave ouvrier scieur de long, expose une machine à scier la pierre; elle nous a paru susceptible d'être perfectionnée, cependant, dès à présent, l'invention de cet artisan est appelée à rendre d'assez grands services, car l'économie de travail est très-sensible. Cette machine se compose d'un bâti recevant les engrènages et une crémaillère nécessaire à la marche de va-et-vient de la scie automatique, le tout agissant au moyen d'une manivelle. Sur la pierre à diviser et au-dessus du trait de scie, est placée la boîte à grès et à eau qui facilite le travail. L'appareil en entier, une fois démonté, se transporte facilement dans une petite charrette à bras, car il ne pèse pas beaucoup plus de 300 kilog. quoi qu'il soit complétement en fer.

Mme Ve Bernier et Cie dont nous avons déjà parlé, expose : des treuils de son système comportant des parachûtes et évitant le déplacement des fardeaux pouvant provenir de fausses manœuvres ou de la rupture d'un organe quelconque du treuil; une chèvre, un cabestan à deux vitesses, une petite grue roulante à pivot, pour élever les matériaux légers, enfin une brouette métallique, dite brouette bicycle, système Hébert (fig. 10, pl. I). Dans la construction de cette brouette, on remarquera tout de suite l'adjonction d'une roue articulée placée entre les deux pieds du véhicule; au repos, cette roue se loge d'elle-même entre le coffre et la ligne de terre, elle ne change rien à la disposition normale de l'engin. En fonctionnement, il suffit, ainsi que le fait voir notre figure, que l'ouvrier lève les brancards de la brouette, pour que la roue de décharge vienne prendre sa position de travail, sans aucun moyen mécanique, et soulage instantanément les bras de l'homme qui n'ont plus qu'à diriger. Cette innovation permet de fabriquer des brouettes dont les coffres ont une contenance de 80 décimètres cubes, c'est-à-dire d'un 1/5 en plus que celles qui existent ordinairement Il nous semble qu'il y a là une amélioration dont le travail du terrassier est appelé à profiter.

Pierres artificielles. — M. Paul Dubois et Cie, de Saint-Denis, fabriquent, avec le béton Coignet, des marches d'escaliers, des bordures de trottoirs, de bassins, des caniveaux à feuillures, des couronnements et chaperons de murs, des tuyaux, des dés pour colonnes, des cuves et tonneaux de jardins, des tampons de fosse, des auges et mangeoires, des balustrades, des portes cochères et bâtardes, des croisées moulurées, des corniches, pilastres, des perrons tout entiers, des socles, vases, et enfin des objets d'arts tels que statues, statuettes, fontaines monumentales, etc. Tous ces objets sont en pierre artificielle, moulées, et les exposants nous assurent qu'ils résistent complétement aux gelées et aux autres intempéries; quant à nous, malgré la beauté de ces produits et leur bon marché relatif, nous déclarons que nous leur préférons de beaucoup la pierre.

Dans ce pavillon, annexe de la classe 66, nous remarquons encore : les beaux produits céramiques de M. P. Verdier, la briqueterie réfractaire de Vivouin (Mayenne), les rouleaux compresseurs à macadam, les grues et les pompes à double effet, sans clapets ni soupapes de retenue de M. Bouillant, qui expose encore un système de chaîne en fer destiné à remplacer les cordages en chanvre des échafaudages.

(1) Exposition de 1878.

Les combles et pans de fer. — Un nouveau procédé de construction de combles à bon marché (fig. 17), nous est offert par M. Fosse, qui nous assure que les couvertures de hangars et de marchés, établies d'après son système, ne coûteront pas plus de 8 francs le mètre superficiel. Quoique cela nous paraisse légèrement problématique, nous ne pouvons nier la simplicité de son mode de construire. Comme on le voit dans notre croquis, le nouveau système consiste tout simplement dans la suppression des assemblages, qui sont remplacés par des boîtes *a, b, c,* à coulisse en fonte ou en cuivre. Il permet, suivant l'auteur, de construire soi-même en prenant les bois dans les chantiers, et les boîtes chez le fondeur.

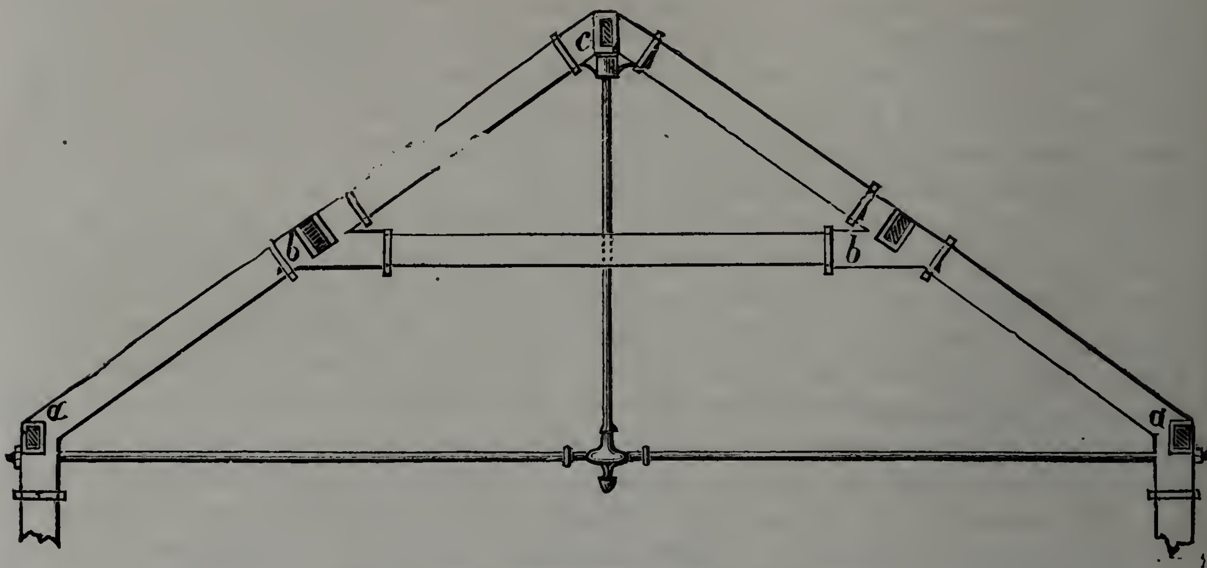


Fig. 17. — Comble économique de M. Fosse.

Nous retrouvons ici M. Liger, avec son système de pans de fer, sous forme de modèle, grandeur d'exécution. Nous avons parlé de cette invention dans notre étude sur la serrurerie et la ferronnerie, nous n'y reviendrons donc pas·

3° Parc du Trocadéro (1).

Les ciments de Voreppe. — Signalons en première ligne les *ciments de Voreppe* près Grenoble, dont les principales applications sont : les dallages variant d'épaisseurs suivant la fatigue qu'ils doivent supporter, et applicables aux églises, usines, gares de chemins de fer, cours et passages à voitures, trottoirs, vestibules, chaussées de rues, etc. La qualité dite *Portland* a une densité de 13 à 1450 kilogr., elle s'emploie en préparant une aire au moyen de planches jointives. On place sur cette aire la quantité de sable ou de gravier que l'on veut employer, en ayant soin qu'il soit légèrement mouillé, très-propre et parfaitement pur. On répand sur ce tas le ciment sec et l'on mélange longtemps à la pelle, de manière à faire un mortier qui ressemble à du sable humide. S'il est besoin d'ajouter de l'eau, il faut la verser avec un arrosoir à pomme, mais toujours en petite quantité. Pour faire le dallage, on prépare d'abord la forme, c'est-à-dire le sol, en le damant et en s'assurant que le travail ne sera pas compromis par quelque mouvement de terrain. Le béton se fait ensuite avec du gravier bien lavé, exempt de sable, que l'on mélange avec du ciment sec, dans la proportion de 7 à 8 parties de gravier pour une de ciment. Le mortier se prépare par le mélange d'une partie de sable avec une partie de ciment.

(1) Exposition de 1878.

On a de fortes règles, dont la hauteur du champ égale l'épaisseur que l'on veut donner au dallage. On place entre ces règles, le béton d'abord, que l'on dame fortement en laissant l'épaisseur que doit avoir la couche de mortier et immédiatement après le damage, on étend le mortier de ciment qu'on frappe aussi très-fort avec l'outil appelé *taloche*. Quand la surface est à peu près établie,

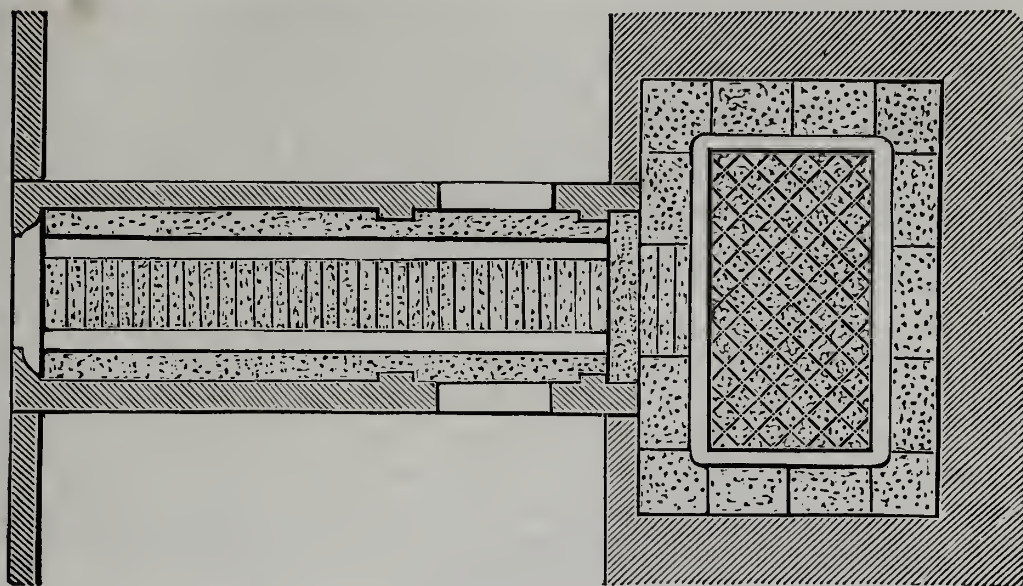


Fig. 18. — Dallage de porte cochère.

Il convient de l'égaliser en passant sur les règles, une autre règle ferrée qui, balancée comme une scie, rejette tout ce qui ferait saillie. Puis, on passe la truelle pour polir et lisser, et après ce polissage, la boucharde et le fer à joints

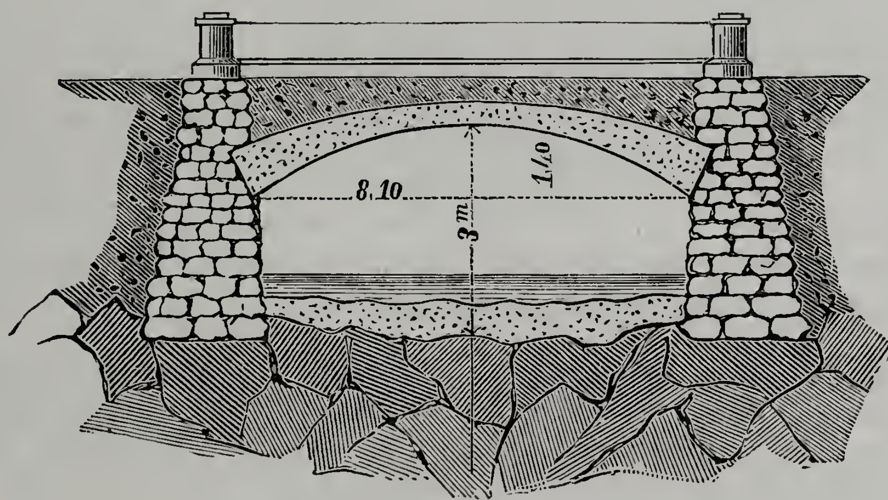


Fig. 19. — Pont en béton sur le Roise.

pour simuler des pierres, selon le dessin que l'on veut obtenir. Les épaisseurs à donner aux bétons et aux chapes de mortier doivent être ordinairement ; pour les dallages intérieurs, $0^m,06$ de béton et $0^m,02$ de chape; pour l'extérieur, $0^m,10$ de béton et $0^m,02$ à $0^m,03$ d'enduit; pour les passages en voiture, $0^m,12$ à $0^m,15$ de béton, $0^m,04$ à $0^m,06$ d'enduit. Il est bon, dans les pays exposés à la gelée, de faire reposer le béton des dallages extérieurs sur une couche de cailloux ou de graviers secs bien damés. On obtient ainsi des distributions de dallage de dispositions diverses dont l'une d'elles (dallage pour porte cochère), est indiqué à la figure 18. Les ciments de Voreppe, ainsi que ceux des autres provenances, se prêtent encore à une multitude d'autres travaux dans lesquels

l'applicateur choisit, suivant les circonstances, les ciments à prise prompte ou à prise lente, et les mélange même parfois avec avantage. Sans vouloir prétendre énumérer ces applications diverses, nous mentionnerons les ponts, les routes, certains escaliers, etc. Le pont à voitures dont nous donnons le dessin (fig. 19), a été bétonné dans l'espace d'une journée. Ce pont franchit la rivière la Roise à Voreppe.

Outre les ouvrages monolithes, on fait, avec le ciment, des pierres artificielles auxquelles on donne au moyen de moules, la forme et même les apparences de la sculpture, et qui présentent de grandes garanties de durée, de dureté et de résistance à l'écrasement. Il ne s'agit pas seulement de simples placages, comme on pourrait le supposer, mais bien de véritables blocs en béton et mortier de ciment coulé dans ces moules, posés ensuite quand ils ont durci, et remplaçant ainsi les moellons et la pierre de taille. Un édifice tout entier peut au besoin s'obtenir par ce procédé, et le ton des façades en est chaud et monumental. Voreppe fabrique des briques en ciment comprimé, remarquables par leur uniformité et leur qualité de résistance, ainsi que des tuyaux à parois intérieurs métalliques de tôle galvanisée et goudronnée. Ils peuvent comme ceux dont nous avons parlé ci-dessus, se fabriquer dans la fouille même ou se préparer d'avance. L'exposition de cette usine nous offre des spécimens de chaperons de murs, des moellons en ciment quadrillés, striés, des mangeoires d'écuries, des balustrades et divers autres produits très remarquables.

Constructions économiques. — M. Hugedé a construit dans le parc, une petite habitation économique avec ses *panneaux aérifères* dont la fabrication et l'emploi sont de la plus grande simplicité. Ils sont composés de plâtre, de ciments, et à leur défaut de mortiers auxquels on ajoute des cailloux, des éclats de pierre, de briques, etc., et même des scories, mâchefers et résidus d'usine. Ce sont des agglomérés qui ont la forme de rectangles et qui sont perforés aussi bien dans le sens de leur longueur que dans celui de leur largeur. Ils s'obtiennent dans des moules, et ont l'avantage important de lutter avec succès contre l'humidité, et de sécher immédiatement. Mais ces matériaux ne peuvent être appliqués que dans des constructions très-légères, ou les procédés les moins coûteux sont de première nécessité. La petite habitation modèle du Trocadéro est composée d'une seule pièce à feu, avec grenier au-dessus, elle peut être établie, clefs en main, par l'inventeur, pour la somme de mille francs. A ce prix, bien des gens pourraient devenir propriétaires.

Les asphaltes.—La compagnie générale des asphaltes de France (Seyssel, etc.), qui, au Champ-de-Mars a établi la fondation du pavillon Toufflin, au moyen d'une fondation en béton asphaltique, immense monolithe de 30 mètres cubes, pour éviter la trépidation des machines à percussion et à grande vitesse, a exposé dans le parc, des pyramides énormes de roche d'asphalte de Seyssel et du Val-de-Travers, avec un outillage complet pour les travaux de viabilité, d'architecture, d'assainissement, etc. La grande terrasse centrale du palais du Trocadéro a été recouverte avec ses produits.

Le découpage des métaux. — Nous ne parlerons que pour mémoire de la nouvelle industrie du découpage des métaux, dont les gracieux produits sont exposés dans un pavillon spécial, non loin de l'aquarium d'eau douce; nous renvoyons, à ce propos, nos lecteurs à notre étude sur la serrurerie et ses objets d'art.

4° Dans le Champ-de-Mars.

Les constructions économiques. — Nous avons parlé, dans l'article qui précède, du procédé de fabrication économique dont M. Hugedé est l'inventeur. Mais il n'est pas le seul qui ait pensé à utiliser certains produits méprisés jusq'ici par le constructeur. Nous avons vu les Anglais élever, au moyen de procédés analogues, les châlets ouvriers du jardin du Champ-de-Mars.

Le principe qui a inspiré ce genre de construction n'est autre que l'économie; il s'agissait de réaliser au plus bas prix possible, le problème de l'habitation de l'ouvrier, dans les pays usiniers ou dans les bassins houilliers, enfin partout où l'agglomération humaine est considérable. Dans ce but, les Anglais ont imaginé d'utiliser, comme autant de matériaux de construction, ce que dans presque tous les pays, on laisse perdre, c'est-à-dire les détritus de coke, de mâchefer, les éclats de pierre, de charbon, le tout coulé avec du plâtre, dans des moules dont les dimensions sont de 0m,80 de long, sur 0m,50 de large et environ 0m,03 d'épaisseur. Ce sont des carreaux à rainure, destinés à se placer à côté les uns des autres, verticalement ou horizontalement; ils se posent en s'agrafant sur des poteaux de distribution et sur les solives des planchers, sans être scellés. Les cloisons ainsi constituées sont hermétiquement closes, si l'on en ferme les joints soigneusement, mais les Anglais n'ont pas fait ce dernier travail qui nous avait semblé indispensable, probablement pour démontrer l'avantage de pouvoir démonter et remonter le châlet à volonté.

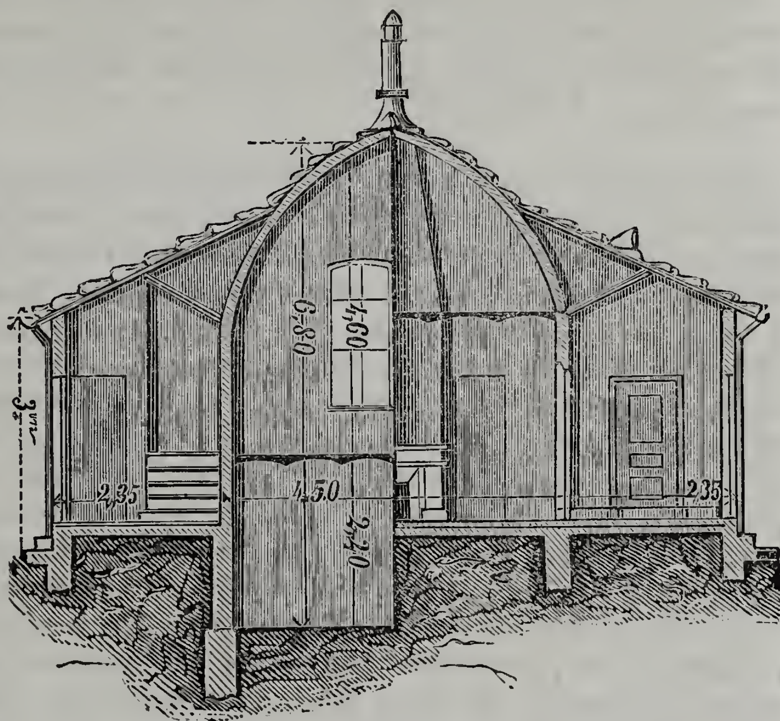


Fig. 20. — Constructions économiques, système Tollet.

En bordure de la rue des Nations, les Anglais ont construit une maison, en se conformant au style dominant pendant les règnes de la reine Elisabeth et de Jacques Ier. La façade est en charpente ; les interstices entre les bois sont remplis par des panneaux de plâtre, et un effet ornemental y est produit par l'insertion de divers dessins en bois enchassés dans ces panneaux. Les chassis moulés des fenêtres sont remplis d'encadements légers de plomb, vitrés de petites pièces de verre de formes géométriques dites *quarries*. Le comble est couvert de tuiles rouges dites *plain tibs*. Ce genre de construction, adopté en Angleterre à partir du xve siècle, était connu sous le nom de *bâtiment à mi-charpente*. Le bâtiment-type de l'Exposition a été dessiné par M. Gilbert Redgrave, architecte de la Commission royale, ses constructeurs sont MM. William Cubitt et Cie. Il est représenté à la planche D du tome IX de nos Etudes.

M. *Tollet* a exposé auprès de l'Ecole militaire, plusieurs spécimens de constructions économique dont la figure 20 donne une idée. L'ossature, ou plus

vulgairement la carcasse du petit bâtiment que cette figure représente, est composée de fers à double et à simple T combinés entre eux, sous la forme d'une grande ferme ogivale reposant sur la maçonnerie de soubassement de la construction et de fermes d'appentis. Sur ces fers principaux sont posés les lattis qui reçoivent la couverture en tuiles à agrafes. Ce système est économique, il est applicable à divers genres de construction ; on peut créer avec lui des types simplifiés d'ambulances, de maisons ouvrières ou de colons, d'écoles, d'églises, d'écuries, de magnaneries, des bâtiments ruraux, etc., etc. Les couvertures les plus simples et les plus légères sont composées de voliges, de papiers goudronnés, de cartons bitumés.

Pour préserver l'occupant de la chaleur ou des froids excessifs, l'inventeur de ce système a contruit une habitation à double enveloppe composée de deux fermes posées à la distance nécessaire pour ménager un vide entre deux cloisons qui sont construites avec les panneaux aérifères de M. Hugedé.

Dans la figure qui précède et qui est la coupe sur deux axes différents d'un petit pavillon de garde, ou d'une maison d'ouvrier, on remarque les hourdis d'un grenier du plancher des caves. Le plancher haut redresse la pièce et fait disparaître les cintrages à l'intérieur.

Les machines étrangères à travailler la pierre. — Nous ne trouvons de machines à travailler la pierre que dans les sections étrangères. *MM. Brunton et Trier,* mécaniciens de Londres ont exposé une machine très-puissante destinée à tailler la pierre. Elle est composée, comme on le voit aux figures 1 et 2, pl. I, en dehors du bâti et de la commande, d'un porte-outils en forme de disque vertical, tournant avec une grande vitesse, et sur lequel sont montés une série de burins circulaires manœuvrant à l'aide d'engrenages placés à l'intérieur du porte-outils. Ces burins ou couteaux se mouvant avec une vitesse égale à celle du grand disque, entament très-aisément la pierre la plus dure dont le bloc est placé sur un chariot s'éloignant et se rapprochant à volonté de l'outil. Le principe suivant lequel cette machine opère est nouveau, au point de vue de l'application. On voit qu'il consiste à donner, par des moyens mécaniques, une vitesse de rotation telle aux burins roulants que lorsque la révolution du porte-outils fait passer les burins sur la surface de la pierre à tailler, la tranche du burin mise en contact avec cette surface vienne à rouler sur elle.

Le travail obtenu au moyen de cette ingénieuse machine est réellement considérable ; nous pensons qu'elle est appelée à un grand succès, d'autant plus que les burins ne coûtent pas très-cher à remplacer, si un accident se produit ou après leur usure, la matière employée pour les confectionner n'étant que la fonte, métal suffisant pour la taille de presque toutes les espèces de pierre. Le granit et les marbres réclameraient seuls l'usage de l'acier.

Tout à côté de l'appareil que nous venons de décrire, nous avons remarqué le perforateur de MM. *Hathorn et C*ie. Cet outil ingénieux que les inventeurs ont appelé, nous ne savons pourquoi, *l'Éclipse*, est destiné aux opérations de la mine. Il sort donc quelque peu de notre cadre, cependant comme il nous a semblé qu'il pourrait être utilisé, dans de certains cas, dans nos chantiers pour les grands travaux d'excavation, nous en ferons ici une description sommaire.

Le perforateur lui-même n'est qu'un porte-outil en forme de colonne ou de trépieds qui reçoit le fleuret ou les mèches ; il est disposé pour percer dans tous les sens et suivant toutes les inclinaisons. Avec cette machine, toutes les variétés de roches, seraient-elles submergées, peuvent être perforées avec la plus grande facilité. La puissance motrice qui donne à l'outil le mouvement

automatique est produite par une machine à air comprimé; une simple pression de 1k500 à 2k100 par centimètre carré suffit. Un tube de caoutchouc relie le perforateur à la machine motrice et permet de le placer à distance dans les espaces restreints comme les galeries souterraines, égouts, etc. Ce tube peut avoir jusqu'à trente mètres de longueur : c'est lui qui transporte et transmet la force nécessaire à la marche de l'outil; cette force agit à plein effectif jusqu'à ce que le forêt frappe le roc. Par suite d'une combinaison fort simple, et de l'action puissante d'une soupape placée dans le cylindre qui forme la partie principale du porte-outil, il se forme un coussin d'air comprimé à chaque extrémité de ce cylindre, ce qui non-seulement en protége les extrémités, mais empêche aussi la vibration qui existe dans les autres machines et leur est si nuisible. Le mouvement d'avancement, étant tout à fait automatique fait que, quelle que soit la nature de la pierre, le piston n'agit jamais sur ce mouvement que dans l'instant précis où le progrès de pénétration justifie de l'avancement de la mèche. Que la pierre soit tendre ou dure, que la pression soit haute ou basse, quel que soit l'angle de la position de l'outil, et que l'on perce avec une pénétration de 0,030 ou de 0,050 par minute, la régularité et l'efficacité de ce mouvement et le résultat mécanique ne souffrent aucune atteinte.

Le petit modèle exposé de cet appareil ingénieux est disposé pour être placé sur un wagonnet, il est du poids de 40 kilogrammes, et peut percer de 0,013 à 0,019 de diamètre. Les forêts ou mèches sont en acier fondu de première qualité, trempés à la dureté moyenne, en les faisant revenir au jaune paille.

Citons pour mémoire, un autre perforateur voisin du précédent, et dont les inventeurs sont MM. *Salmon*, *Barnes et Cie*.

En Angleterre, où l'usage n'est pas, comme à Paris et dans les grandes villes de France, de faire les ravalements des constructions la pierre étant en place, mais au contraire de la monter et de la placer toute moulurée, il était tout à fait naturel d'aider le constructeur afin qu'il pût échapper aux exigences d'ouvriers spéciaux dont le nombre est souvent insuffisant. Depuis plusieurs années, MM. *Western et Cie*, de Londres, ont construit des outils destinés à ce genre de travail, aussi bien qu'à planer et à scier la pierre. Ils ont exposé, dans l'annexe anglaise, une machine à laquelle ils ont donné le nom de *moulureuse de pierres*. Elle n'exige que peu de force motrice, et tous les genres de pierres peuvent s'y tailler. Le débit effectif dépend, bien entendu, de la nature des matériaux, mais si nous disons que toute moulure droite s'y peut façonner en un quart d'heure, dans la masse d'une pierre dure analogue au Portland, et sur une longueur de 5 mètres, nos lecteurs pourront se faire une idée de l'économie qui doit résulter de l'emploi de cette machine; elle est énorme si l'on compare la dépense nécessitée par le travail mécanique à celle d'une main-d'œuvre ordinaire.

Les figures 3 et 5, pl. I, démontrent assez clairement le principe qui domine dans la construction de cette machine. Son châssis principal est, par le fait, à peu près le même que la table d'une machine à raboter les métaux. Elle manœuvre à charriot, son mouvement de va et vient la fait passer devant des porte-lames fixes, le mouvement de retour étant d'une plus grande vitesse que celui de l'aller. Cette table, qui reçoit le bloc de pierre à travailler, est formée d'une fausse surface à charnière sur le devant, qui s'ajuste par des vis, de manière qu'il est facile de façonner des moulures dans plusieurs sens. Les outils eux-mêmes consistent en séries de barres d'acier laminé, d'une section trapézoïdale, placées les unes sur les autres dans des boîtes maintenues par des vis. Ces outils sont façonnés suivant la forme des moulures courantes, afin de pouvoir exécuter des profils de tout genre. On emploie six boîtes porte-outils ou même davantage à la fois, en plaçant le second porte-lames un peu à l'avant

du premier, le troisième à l'avant du second et ainsi de suite, de sorte que, dans la pierre où une seule série d'outils suffirait à enlever une épaisseur de 10 millimètres, les six séries dans une seule traversée, enlèvent la moulure à 0,060 de profondeur. Pour obtenir des profils différents quant aux saillies, avec les mêmes genres de moulures, on n'a simplement qu'à avancer ou repousser les différents outils dans leurs boîtes ou porte-lames.

Les outils étant usés, l'affutage les rend de nouveau propres au travail et cela, jusqu'à ce que la réduction provenant de l'usure les empêche d'être retenus fermes dans les boîtes. Citons ce fait, que dans une machine qui fonctionne chaque jour, dans les chantiers du nouveau Palais de justice de Londres, depuis le mois de février dernier (1), les mêmes outils travaillent encore, l'affutage ne s'en fait qu'une fois par semaine seulement.

Il faut ne considérer le travail obtenu par la moulureuse que comme un ébauchage ; aussi le fini est-il obtenu au moyen d'un fer à profil exact devant lequel la pierre passe à plusieurs reprises.

La figure 4, pl. I, représente la machine vue en bout, avec la table obliquée, et la pierre recevant des moulures inclinées. Cette machine est appelée, croyons-nous, à rendre d'importants services. Pour cela il faudrait considérer que nous ne sommes plus dans l'ère des expériences quant aux machines à travailler la pierre. Dans quelques années, il est certain que leur emploi sera aussi répandu que l'est aujourd'hui celui des machines à travailler les bois et les métaux.

Les ateliers de construction de *Lodelinsart* (Belgique) ont aussi exposé une machine à tailler les pierres dures. Elle agit tout à fait à la manière des raboteuses avec une série d'outils placés verticalement, et taillés tantôt en grain d'orge, tantôt *brettés*. Sur la table de la machine est placé un bloc de pierre bleue belge qui a reçu un commencement de dressage. Cette machine nous a paru être construite suivant les règles de l'art; son mouvement est beaucoup plus naturel, si nous pouvons nous exprimer ainsi, que celui de l'outil de MM. Brunton et Trier. Elle a plu davantage au public qui comprenait mieux son allure, habitué qu'il est à la marche généralement horizontale des outils disposés pour raboter le fer et le bois.

MM. *Burton et fils*, exposants français, font fonctionner devant un public constamment curieux et empressé, le *perforateur Jordan*, à air comprimé, mu à bras. Ce petit appareil est très-portatif, car il est monté sur une espèce de brouette en fer; son outil manœuvre dans tous les sens. Il pourrait évidemment remplacer avec beaucoup d'avantage le travail pénible et long de l'ouvrier tailleur de pierres qui, perçant la pierre de nos constructions pour y pratiquer des trous d'ancrage, est indiqué comme *battant le beurre*.

Nous n'indiquerons ici que très-sommairement les autres machines-outils des constructeurs étrangers et français, exposées dans le palais du Champ-de-Mars et dans ses annexes, une étude spéciale devant les détailler à nos lecteurs. Nous nous contenterons d'en donner la nomenclature en renvoyant à ladite étude, cependant, nous ferons ressortir en quelques mots, leur valeur au point de vue des résultats qu'elles donnent et des procédés primitifs des métiers qu'elles font disparaître. Nous commençons notre rapide compte-rendu par la section anglaise.

Les outils à travailler le bois et les métaux. — MM. *Ransome et Cie*, de Londres, ont remplacé le travail du bucheron par celui qu'ils obtiennent à l'aide de leurs scies à vapeur pour abattre les arbres. Cet outil est composé d'une grande lame ($2^m,50$ à 3^m), travaillant dans le sens horizontal, comme la

(1) Ceci a été écrit en septembre 1878.

scie à main ; elle est montée sur un cylindre à vapeur de petit diamètre et à course longue, le tout est si léger qu'on peut le transporter dans une petite charrette. Cette scie coupe un arbre de un mètre de diamètre en moins de 5 minutes.

Les mêmes exposants fabriquent des scies à refendre les madriers, des scies à lames sans fin, des raboteuses, moulureuses, des outils combinés pour exécuter à la fois différents travaux, tels que le sciage, le rabotage, les moulures droites et circulaires, les rainures, les tenons, les mortaises, les percements, etc., etc. D'autres machines coupent d'onglet, taillent les chanfreins, affutent les scies.

MM. *Western et Cie*, dont nous avons parlé déjà, et que nos lecteurs retrouveront encore dans l'étude consacrée plus spécialement aux machines-outils, ont à l'Exposition des scies circulaires, à rubans, des engins à emplois multiples, des machines à moulurer, à raboter, qui sont bien conçus et parfaitement exécutés. En outre, une toupie de leur invention a le mérite de travailler sur les deux sens de la rotation, ce qui permet de continuer le travail sans aller contre la veine du bois.

MM. *Samuel Worssam et Cie*, ont organisé une très-belle exposition de machines assez semblables aux précédentes, parmi lesquelles on remarque : des grandes scies à mouvements alternatifs pour charpentiers, des scies circulaires à charriot, des machines à mortaiser très-ingénieuses avec tables mobiles susceptibles d'être élevées ou abaissées, etc., etc.

MM. *Thomas Robinson et fils*, de Rochdale, près Manchester, nous montrent une série d'outils analogues, et une grande machine à fabriquer les parquets, qui rabotte. dresse sur champ, raîne, réduit d'épaisseur et fait des languettes en exécutant toutes ces opérations à la fois. Une autre machine de leur invention fait les assemblages à queue d'aronde d'une façon toute mathématique.

Parmi les fabricants de machines-outils à travailler les métaux, citons :

MM. *Smith et Coventry*, de Manchester, pour leurs beaux tours à fileter, leurs machines à tarauder, à raboter, à forer; MM. *Sharp, Steward et Cie*, pour leurs machines à raboter qui peuvent dresser une surface de 3^m,048 de longueur sur 1^m,066, et leurs étaux-limeurs pour tailler les surfaces planes, courbes et angulaires; MM. *B. et S. Massey*, fabricants de marteaux-pilons pesant de 25^k à 20,000 kilogr., outils qui devraient être beaucoup plus répandus, et sont appelés à supprimer le travail barbare du frappeur de nos ateliers de serrurerie, en lui substituant une machine à opérations rapides et régulières, les petits pilons du poids de 25^k, pouvant frapper 400 coups à la minute; MM. *Embleton, Mackenzie et Cie*, de Leeds, qui ont exposé une jolie machine à percer à colonnes, etc.; MM. *Davies, David*, inventeurs d'un frappeur à vapeur automatique, construit pour donner des coups de marteau sur la face de l'enclume, dans tous les sens et sous tout angle incliné, etc., etc.

Dans la section américaine, nous avons à citer entre autres exposants distingués, MM. *Rogers et Cie*, de New-York, fabricants de scies de divers modèles et inventeurs d'une machine à fabriquer les baguettes moulurées

Les forges mobiles. — La Belgique qui fabrique très-bien, et à des prix relativement modérés tous les outils que nous venons de passer rapidement en revue, nous offre, pour aider au travail du serrurier, une forge portative due à MM. *Hamel et Morian*, de Liége. Cet appareil, auquel les constructeurs ont donné le nom de forge- atelier, chauffe une barre de fer carré de 0,080 ; son coffre est disposé pour recevoir un étau, une machine à percer, des tiroirs à outils ; avec tous ces accessoires qui constituent en effet un ensemble suffisant pour opérer un travail complet, il ne coûte que 250 francs.

Mais il lui est impossible de rivaliser avec les forges portatives de M. *Enfer*, fabricant parisien bien connu de nos constructeurs, dont l'exposition est très-remarquable Les appareils de chauffage et de soufflerie qu'il y a placés ont une supériorité incontestable sur tout ce qui se fabrique actuellement dans le même genre. La figure 21 représente l'une de ses forges à double vent, à piston, sans frottement. La tuyère, dont la coupe est indiquée entre la branloire et le foyer de la forge, augmente de 50 % la puissance de ventilation des soufflets et en empêche l'explosion. M. *Enfer* fabrique, comme ses émules belges, des forges avec établis, étaux, machine à percer, coffre, etc., etc. Ces appareils sont beaucoup mieux établis que celui que nous venons de décrire précédemment ; ils sont aussi plus puissants, car on y peut chauffer des fers de 0,11 à 0,16 carré, et leur prix n'est pas sensiblement plus élevé, eu égard au travail beaucoup plus considérable qu'on y peut exécuter.

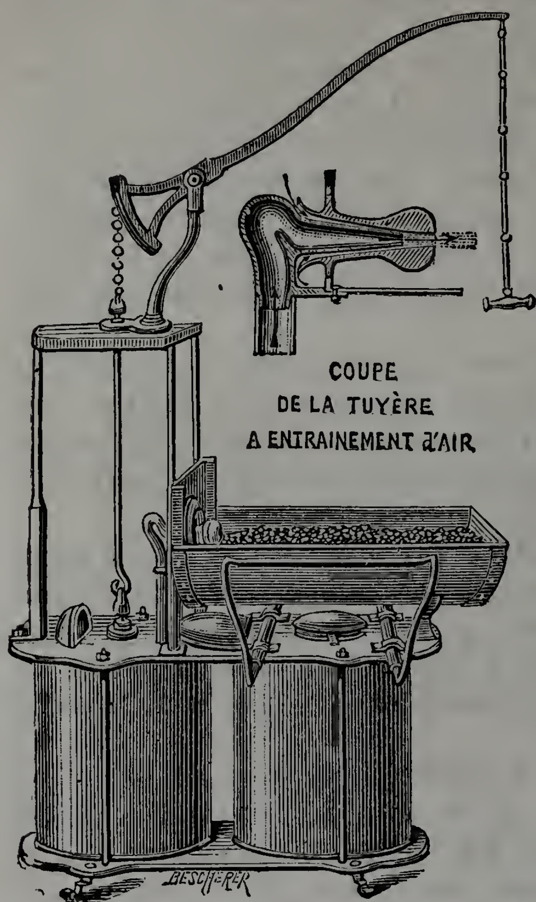


Fig. 21. — Forge à double vent, à piston sans frottement de M. Enfer (exposée).

L'École impériale technique de Moscou. — Nous ne pouvons passer sous silence la remarquable exposition de *l'Ecole impériale technique de Moscou*, dont nous avons amplement parlé dans une autre étude (1). Elle se compose de collections très-complètes, créées pour l'enseignement des arts spéciaux à la construction. La première collection comprend les outils de l'ajustage classés dans un but démonstratif, savoir : les instruments à mesurer les dimensions; les outils à percer les métaux ; ceux qui façonnent les ouvrages à partir du travail de la forge jusqu'à celui de l'ajustage; les limes ; les filières et les tarauds ; les forets et tarières pour l'étude de la direction des angles coupants ; les appareils servant à l'enseignement de l'art de tracer les pièces brutes pour les préparer à être travaillées.

La seconde collection comprend : des modèles gradués destinés à l'étude systématique et suivie de l'ajustage dont elle est en quelque sorte la gamme du travail, et avec laquelle le commençant s'habitue progressivement à vaincre les difficultés d'exécution. Enfin, la troisième collection est composée d'éléments de machines diverses.

Nous avons dit ailleurs quel bien nous pensions du bel établissement russe dont nous parlons en ce moment. Le mode d'enseignement méthodique gradué dont on fait usage à l'École impériale technique de Moscou, fait le plus grand honneur à son directeur, M. *Della Vos.*

Les outils français à travailler le bois et les métaux. — Dans la section française, nous avons remarqué parmi les machines-outils destinées à accélérer les travaux du charpentier et du menuisier, les magnifiques scies et machines de MM. *Perin, Panhard et Cie*, inventeurs de la scie continue ou à lame sans fin ; les scies circulaires et à rubans de M. *Mongin* ; la machine à corroyer de

(1) Voir la *Serrurerie et les objets d'art*, par M. Fr. Husson.

M. *Guilliet Perreau* (d'Auxerre), ainsi que sa mortaiseuse et ses toupies à moulurer; enfin et surtout la belle collection de M. *Gérard*, mécanicien parisien bien connu, qui expose une nouvelle raboteuse, outil qui se distingue par sa simplicité. Construite tout en métal, elle n'occupe qu'une surface de $0^m,60$ carré, et façonne des bois depuis 3 jusqu'à 80 millimètres d'épaisseur sur $0^m,330$ de large sur une longueur indéfinie. Mentionnons encore la machine à affûter les fraises (ou scies circulaires), de M. *Kreutzberger*, qui permet l'affûtage de ces outils sous toutes les formes, droites, convexes, concaves, etc.

Le charpentier en fer, ainsi que le serrurier, visitent avec attention l'exposition de M. *Bouhey*, constructeur-mécanicien de Paris, qui montre à ces industriels une très-belle collection comprenant des tours, des machines à percer, des raboteuses à retour rapide de 2 mètres de course, des limeuses, une machine à fraiser, un marteau-pilon d'invention américaine perfectionnée, des cisailles et découpoirs permettant de couper des cornières de $0^m,120$, ou de poinçonner des trous de $0^m,040$. Enfin deux ventilateurs *travaillant sans bruit*, l'un de $0^m,50$, l'autre de $0^m,80$ de diamètre intérieur complètent, avec d'autres appareils, cette remarquable et importante exhibition.

Après M. Bouhey, nous citerons MM. *Chaligny et Guillot-Sionnest* pour leurs belles machines à mortaiser; M. *Poulot*, pour ses meules à dresser les surfaces métalliques, qui remplacent le travail de la lime pour le dressage et le polissage; M. *Dard*, pour ses machines à percer, et à cintrer les fers sur champ; avec ces derniers outils, nos ferronniers peuvent facilement donner la forme courbe aux cornières, ainsi qu'aux fers à double T, ayant jusqu'a $0^m,16$ de hauteur; M. *Vautrin*, inventeur d'une petite machine à raboter portative, très-pratique, qui se fixe sur un étau parallèle, et travaille avec une facilité surprenante dans tous les sens. Donnons enfin une mention spéciale à MM. *Chouanard*, des forges de Vulcain à Paris, à M. *Lauzet*, à Mme Ve *Gauthier* pour leurs belles collections d'outils à main, ainsi qu'à MM. *Sculfort, Malliar et Meurice*, de Maubeuge, qui exposent des machines à percer, à cintrer, des découpoirs, et toute une série de petits outils tels que, clefs à écrous, clefs anglaises, étaux à main, filières, alésoirs, etc., etc.

M. *Mondon* a inventé une machine à tailler les limes qui nous a semblé très-curieuse, et de laquelle nous dirons quelques mots. Cette machine taille quatre limes à la fois; elle est armée à cet effet de quatre marteaux dont deux à ciseaux adhérents et deux à ciseaux libres. La forme de la lime à tailler importe peu, elle peut donc être rectangulaire, triangulaire ou demi-ronde; une heureuse graduation de la force du coup de marteau donne une régularité de profondeur et d'espacement irréprochables. L'angle d'incision peut être réduit ou développé à volonté, ce qui permet de relever ou d'abaisser la dent de la lime. Cette machine produit à coup sûr, une notable économie de travail.

Les parquets hongrois et autrichiens. — En ce qui touche le débit du bois et le travail de la menuiserie, nous ne pouvons passer sous silence les procédés de sciage éminemment pratiques qu'exposent les industriels hongrois, et les détails de la fabrication des parquets-mosaïques de M. *Neuschlosz de Budapest.* La composition de ces derniers ouvrages est vraiment remarquable au double point de vue de la décoration et de la solidité dans l'exécution; les diverses colorations que donnent naturellement les différentes espèces de bois employées pour former les motifs historiés des grecques, des rosaces, des entrelas, des étoiles, des croix ouvragées, etc., qui ornent richement les panneaux de ces parquets, attirent et réjouissent singulièrement l'œil du visiteur. Des encadrements très-bien combinés, également sous le rapport du dessin et du coloris, accompagnent heureusement les parties de ces menuiseries destinées

à couvrir le milieu des pièces des habitations. Un joli pavillon entièrement recouvert d'élégantes mosaïques polychromes dont les incrustations sont du même genre, a été construit par les exposants dont nous parlons, dans l'annexe autrichienne.

Un de leurs rivaux, M. *Baspt-Egger*, a exposé, auprès de la galerie des machines (section autrichienne), de très-beaux parquets fabriqués d'après les mêmes procédés; ils sont très-bien ajustés, et leurs couleurs multiples en sont parfaitement combinées. L'un des panneaux, dont le dessin est conçu avec beaucoup de goût, a déjà été soumis au jugement du public à l'Exposition de Philadelphie, les différents transports qu'il a subis ne l'ont nullement endommagé.

Les machines à élever et le matériel du chantier. — Dans l'annexe de la galerie des machines françaises, nous avons remarqué l'exposition de M. *Suc*, constructeur de divers appareils à l'usage des constructeurs, notamment des monte-charges se manœuvrant à bras ou à la vapeur, très-pratiques, très-faciles à faire fonctionner, et dont les treuils, munis du frein Bourguignon qui supprime radicalement le rochet et son cliquet, offrent une grande garantie de sécurité. Cette exposition se compose encore d'une grue à potence de 300 kilogr., d'une seconde grue semblable de 1,000 kilogr., toutes deux abaissables, et munies d'un treuil spécial à noix et frein automoteur; d'un très-beau treuil-applique à noix de 6,000 kilogr., avec frein semblable; d'un wagon de terrassement de $1^{m},80$ cube versant des quatre côtés; d'un autre wagon en tôle se composant d'une caisse triangulaire dont la pointe arrondie forme le fond; de chaque côté de la caisse sont deux tourillons ayant entre eux une distance déterminée. Le centre de gravité de la caisse, vide ou chargée, passe entre ces deux tourillons qui servent de point d'appui; ils reposent librement sur deux consoles ou supports portant des entailles arrondies; si on soulève la caisse d'un côté, on la fait pivoter sur les deux tourillons du côté opposé, et la charge se déverse. Si on relève la caisse, elle se remet d'aplomb sur les quatre tourillons, on la déverse de la même manière du côté inverse. Cette disposition de quatre tourillons permet de supprimer tous les crochets, chaînes, pieds, supports, charnières, nécessités ordinairement.

Parmi les machines faisant partie du matériel de l'entrepreneur de maçonnerie, nous citerons des malaxeurs à mortier marchant à bras ou par courroie, dont les tonnes sont en tôle; des bétonnières cubant un demi-mètre, etc., etc.

L'exposant construit des voies mobiles se composant de châssis variant entre 2 et 4 mètres de largeur; elles sont composées de deux rails, de traverses en fer ou en bois, et quand la voie doit fatiguer beaucoup, d'entretoises disposées en croix de Saint-André. La voix est éclissée comme une voie fixe, afin d'éviter la déformation. C'est à lui que l'on a eu recours, dans la construction des nouveaux forts français, pour l'organisation des plans inclinés destinés aux grands travaux de terrassement que ces ouvrages ont nécessités.

La céramique du bâtiment. — Parmi les nombreux produits céramiques exposés dans la section anglaise, nous citerons en première ligne l'exposition toute entière de MM. *Doulton et Cie* qui est très-remarquable. On connaît leurs belles poteries de bâtiment, employées très-fréquemment à Paris. Parmi les produits qu'ils exposent, nous remarquons de magnifiques carrelages émaillés, décorés dans tous les genres, en commençant par l'humble quadrillage pour finir aux représentations des œuvres d'art. MM. *Maw et Cie*, de Campbell; MM. *Brick et Tile*, *Simpson et fils*, ont exposé aussi de très-beaux carreaux élégamment décorés, dans le genre des majoliques.

Les tuiles cannelées de MM. *Colthurst*, *Symons et Cie*, sont d'une belle et

excellente fabrication. Cette maison expose en outre des tuiles faîtières et autres parmi lesquelles plusieurs types sont teints au noir de manganèse et vitrifiés. Signalons à côté de ces produits, ceux de MM. *Joseph Cliff et fils*, qui décorent leurs briques de fines peintures émaillées, représentant des oiseaux, des fleurs et des fruits ; les terres réfractaires de MM. *King Harrisson*, *Harper et Mooris*, et *James Dumachie* ; les objets fabriqués par M. *Lascelles*, qui expose jusqu'à des sièges d'aisance en terre cuite ; les tubes en poterie de MM. *Gaudry et Cie* ; enfin, les briques bleues de *Wood et Ivery*, fabriquées à West Bromwich. La matière employée pour la fabrication de ces briques est une terre argileuse pourprée renfermant une quantité considérable d'oxyde de fer, ce qui donne aux produits fabriqués un extérieur presque métallique. Au point de vue de la résistance, ces produits donnent des résultats remarquables : une brique bleue a été placée sous une presse hydraulique, soumise à une pression de 100,000 kilogr. elle s'est fendue légèrement. Pour le pavage des trottoirs, étables, voies publiques, etc., ces briques seraient presque indestructibles. Il nous semble aussi qu'elles pourraient, ainsi que les autres objets fabriqués avec la même matière, jouer un rôle considérable dans les décorations polychromes architecturales.

En Hollande, les usines de *Erlecom et Druten* fabriquent des briques ordinaires coûtant de 22 à 40 francs le mille, et des briques profilées de moulures dont le prix est de 90 francs le mètre cube. Ces usines ont construit, avec des matériaux de cette espèce, un portail roman avec colonnes engagées, d'un travail très-soigné ; il est placé dans le jardin du Champ-de-Mars, du côté de la porte Dupleix.

La Suède produit de belles poteries réfractaires à *Stabbarp*,

La Chine se livre aussi à la fabrication des briques, des tuiles droites et cintrées, ainsi que des carreaux octogones. Ces produits de l'industrie des fils du Céleste-Empire sont de très-bonne qualité, bien cuits, leur sonorité annonce une bonne résistance. Certaines de leurs briques sont moulées avec une terre spéciale qui devient bleuâtre à la cuisson.

La céramique française du bâtiment est représentée au Champ-de-Mars par les produits de l'un de nos premiers fabricants : Nous avons nommé M. *Muller* qui, en dehors de la brique, des tuiles ornementées de son système, expose des chéneaux, des faîtages, des garnitures de rives de pignons, et divers motifs de décoration en terre cuite, exécutés sur des dessins très-élégants. Des entrevous de planchers de différents systèmes, dont la pose est facile, sont aussi dûs à cet habile industriel.

Auprès de l'annexe belge, a été organisée une exposition des fabricants de poteries. Nous citerons parmi les produits soumis à l'examen du public, les terres réfractaires, les briques ornementées et les tuiles vernies de M. *Léonard*, de Verviers, ainsi que les jolis carrelages de la maison *Utzschneider-Jaunez et Cie*, de Jurbise, dont les couleurs fixées solidement dans la pâte font durer les dessins jusqu'à usure complète. Les ciments comprimés de MM. *Fiévé et Cie* de Gand, sont exposés sous forme de panneaux pour dallage de monuments publics ou religieux ; quelques-uns d'entre eux sont décorés de grands dessins artistiques d'une facture magistrale. En général, la céramique belge, qui compte encore M. *Josson* d'Anvers, dont les produits sont très-estimés en France, est très-remarquable, sous les divers rapports de la fabrication régulière, de la bonne qualité des terres employées, et de l'excellente appropriation des produits aux usages journaliers.

M. *Gils-Delvigne*, de Liège, expose de très-jolis carrelages en ciment comprimé, décorés de couleurs très-vives ou marbrés. On sait que les carreaux en ciment fabriqués par compression s'obtiennent en mélangeant le ciment en

poudre avec du sable, et très-peu d'eau. Les moules métalliques leur donnent la forme voulue, puis on les laisse sécher. Ce système a un inconvénient grave, car il ne fournit pas de produits suffisamment solides. L'exposant, pour arriver à des résultats meilleurs, se sert du procédé suivant : il emploie pour former la couche supérieure de ses carreaux, des matières à l'état de pâte dure débitée en tranches très-minces. Pour obtenir la couche marbrée, il transforme en boules la pâte composée de diverses couleurs, et après avoir rempli le moule aux 3/4 de béton destiné à former le dessous du carreau, il divise une boule en tranches très-fines qu'il place sur ce béton. Il forme ainsi la couche supérieure marbrée. La pression s'opère ensuite comme à l'ordinaire.

Les carreaux en ciment sont très-employés en Belgique. Notons en passant, qu'ils ont une grande valeur hygiénique, car au point de vue de l'absorption du calorique, ils se comportent à peu de chose près, à la façon des parquets en bois.

Des expériences fort intéressantes ont été faites sur la résistance des carreaux en ciment comprimé. On s'est servi d'un levier qui exerce son appui sur un piton de 0,01 carré placé au centre d'un carreau de 0,25 $\times$ 0,25 et de 0,03 d'épaisseur, soutenu des deux côtés par des lames de 0,01 d'épaisseur. Un carreau fabriqué depuis deux mois s'est rompu sous le poids de 252^{k},87, que tandis la rupture a seulement eu lieu à 338^{k},79 pour un autre carreau fabriqué depuis seize mois.

La conservation des bois. — La conservation des bois est représentée dans la section anglaise surtout par l'industrie de M. Berthell, qui les injecte avec une composition créosotée, en se servant de divers procédés de pression ou de vide. L'exposant nous montre des échantillons de bois préservés et découverts en très-bon état, après 14 années d'enfouissement.

La machine à peindre. — Il n'est pas de métier dans l'art de construire qui n'ait aujourd'hui ses machines. Le peintre en bâtiments a dû être fortement étonné en voyant celle de M. Reynolds et Cie de Londres, qui ont créé la machine à peindre les lames de jalousies et autres objets de forme plate allongée. Ces objets passent rapidement dans le corps de l'outil qui est muni d'une série de brosses et de cylindres cachés fonctionnant à l'aide d'une manivelle. La peinture est déposée très-également sur les surfaces, et la lame imprimée ne laisse rien à désirer. Avec la machine Reynolds, on peut peindre 2,000 mètres de lames de jalousies par chaque heure de travail.

Les verres à vitres. — Très-peu de fabricants de verres à vitres étrangers ont exposé. Nous n'avons guère remarqué que les produits de l'usine de Kalisch (Russie) dont le possesseur est le prince Demidoff ; les magnifiques verres dépolis et gravés des verreries nationales de Jumet, et enfin les produits de Mariemont et de Jemmapes, en Belgique. En France, nous citerons les verres à vitres ordinaires, cannelés, mousseline, dépolis, etc. de MM. Pelletier, Catherine, ceux de Fresnes, et enfin les beaux produits de MM. Lemal et Raquet, qui fabriquent des verres émaillés et des verres à dessins formant autant de panneaux décoratifs ravissants dans les styles néo-grec, renaissance, Louis XVI, etc., encadrés de bordures légères très-heureusement combinées pour rehausser l'effet des motifs principaux. Le four à étendre le verre à vitre et à vitrifier les émaux dont se servent les exposants est mis par eux, sous les yeux des visiteurs, sous la forme d'un modèle, à l'échelle de $\frac{1}{10}$. On sait que pour vitrifier l'émail appliqué sur une feuille de verre et retirer la feuille après la cuisson, on doit satisfaire à trois conditions indispensables : 1° échauffer graduellement le verre ; 2° cuire rapidement ;

3° refroidir progressivement le verre. Le four de MM. Lemal et Raquet a été combiné pour réunir ces diverses exigences du travail. Il se compose en principe de trois chambres principales, savoir : une longue galerie de chauffage comprenant l'échelle des températures depuis 15 degrés jusqu'au rouge obscur; une arche à cuire avec sa pierre à étendre chauffée au rouge cerise; une deuxième galerie pour le refroidissement chauffée par le retour du rouge sombre à la température ambiante. Par simplification, les deux galeries ont été superposées dans la construction du four; elles se trouvent dès lors chauffées par les mêmes foyers et offrent la même température à l'aller comme au retour, dans une même section verticale. La marche du travail est celle-ci : les feuilles de verre sont placées à l'extrémité de la première galerie sur des galets montés sur une série d'arbres parallèles; ces galets sont espacés en nombre convenable. Un système d'engrenage et une transmission communiquent aux arbres un mouvement de rotation très-lent. On conçoit dès lors, que les galets entraînent les feuilles de verre jusqu'à l'autre bout de la galerie où un ouvrier les enlève sur une fourche de verrier et les dépose sur la pierre à étendre. Cette pierre est mobile, étant montée sur un chariot ou wagonnet fonctionnant sur des rails; elle pénètre dans la chambre à cuire. La cuisson opérée, un débrayage ramène la pierre dans sa première position, l'ouvrier enlève la feuille et la dépose sur la deuxième série de galets qui, par un mouvement de rotation inverse du précédent, ramène la feuille à la sortie de la galerie. Le travail comme on le voit est continu.

Nous ne dirons qu'un mot des feuilles de *verre trempé* exposées; cette nouvelle matière offre de bons effets décoratifs pour le vitrage; mais on sait que les verres ainsi fabriqués cassent à la coupe. Cet inconvénient, qu'il sera peut-être possible d'atténuer plus tard, empêche quant à présent leur emploi.

Les glaces. — L'Angleterre a exposé quelques glaces; cette nation voisine en fabrique une quantité considérable, 500,000 mètres par an! Mais ces produits, faits surtout au point de vue du vitrage des devantures de magasins, laissent beaucoup à désirer; les glaces anglaises sont pleines de défaut, leur fabrication est opérée sans soins; aussi la France ne peut-elle lutter avec leur bas prix. La meilleure preuve à donner de l'infériorité des glaces anglaises est celle-ci : malgré leur cherté relative, les glaces françaises et belges s'exportent en grande quantité en Angleterre, notre seule manufacture de Saint-Gobain en vend là 80,000 mètres, chaque année.

La Belgique qui possède cinq fabriques de glaces en produit annuellement de 2 à 300,000 mètres superficiels. Sa fabrication est excellente, elle emploie depuis longtemps les fours chauffés au gaz dont la chaleur est parfaitement répartie; ses produits sont donc de premier ordre. Aussi remarque-t-on les belles glaces de très-grandes dimensions exposées par les manufactures de Sainte-Marie d'Oignies, de Courcelles, de Roux. Elles sont d'une pureté remarquable.

Quant à la Venise si célèbre autrefois pour ses glaces, elle existe encore; on peut voir les plus beaux échantillons de cette industrie à l'exposition de Murano. Ce sont comme autrefois des glaces épaisses, bizeautées, gravées, serties, recouvertes d'ornements de la même matière qu'elles mêmes, émaillées, etc. Mais il ne faut pas s'y tromper, tout cela n'est que du verre à vitre étamé, fabriqué par le vieux procédé du soufflage, comme le plus vulgaire de nos carreaux de fenêtre d'aujourd'hui.

Les États-Unis qui ont eu jusqu'à cinq manufactures de glaces disparues successivement, ont encore à Saint-Louis (Missouri), une fabrique importante, dont nous avons en vain cherché les produits à l'Exposition. Du reste, en Amérique, les glaces sont pour le moins, aussi mal faites qu'en Angleterre; cependant la production atteint 40 à 50,000 mètres par an. Il est à craindre que le marché

des États-Unis n'échappe prochainement à l'Europe, aussi bien pour les glaces que pour beaucoup d'autres produits; ce peuple étudiant avec soin les meilleurs procédés de fabrication des autres nations et les important soigneusement et peu à peu chez lui.

Nous venons de passer en revue tous les pays qui produisent des glaces. Nous ne parlerons pas de l'Allemagne, d'abord parce qu'il lui a plu de ne pas affronter les périls que comportent certaines comparaisons. Du reste, il faut avouer que l'on s'est admirablement passé de son concours La seconde raison qui nous oblige à laisser ce pays de côté, c'est que les glaces allemandes ne sont absolument que de mauvais verre dressé et poli d'un seul côté, puis étamé. Quant aux glaces proprement dites, certains manufacturiers indigènes achetaient autrefois chez nous les glaces brutes pour les travailler dans leur pays; il les faisaient même passer pour autant de produits allemands, mais ce commerce est éteint, nos producteurs ayant refusé de continuer à vendre dans ces conditions déplorables,

Saint-Gobain, dont l'exposition était sans rivale, exposait classe XIX, 1° une glace sans tain, coulée à Saint-Gobain et polie à Chauny, dont les dimensions extraordinaires étaient de $6^m,45$ de hauteur, $4^m,11$ de largeur, soit une superficie de $26^m,50$ par 0,011 d'épaisseur; 2° une glace argentée, coulée et polie à Cirey, argentée par le procédé Petitjean; 3° trois glaces pour vitrages de croisées de 0,004 à 0,005 d'épaisseur ayant les dimensions suivantes : $2^m,16$ sur $0^m,60$; $1^m,71$ sur $0^m,57$; $1^m,31$ sur $0^m,39$; ces glaces connues sous le nom de glaces n° 3 sont l'objet d'une fabrication spéciale; elles ne pèsent que 10 à 12 kilogram. par mètre carré. Elles s'emploient pour vitrer les fenêtres des grands monuments publics, des hôtels, des riches maisons de campagne, et en général de toutes les cons tructions soignées et élégantes; 4° une série de feuilles sans tain, en verre de $0^m,002$ à $0^m,003$ d'épaisseur, dit verre n° 4, destinées à divers usages; 5° des miroirs; 6° trois dalles polies, ayant chacune 2 mètres de long sur $0^m,81$ de large et $0^m,014$, $0^m,018$ et $0^m,022$ d'épaisseur. Les dalles de l'aquarium du Trocadéro et celles de l'aquarium marin, ont été fournies par la compagnie de Saint-Gobain, aux dimensions de $1^m,10$ sur $0^m,022$ d'épaisseur; 7° des plaques de propreté pour placer sur les portes de nos appartements et en préserver les peintures, etc.; 8° des tuiles en verre et d'autres objets dont nous parlerons plus loin.

On sait que la compagnie de Saint-Gobain possède, en outre des établissements de Chauny et de Cirey, ceux de Jeumont et de Recquignies en Belgique, et de Manheim et de Stolberg en Allemagne. Toutes ces usines réunies ne produisent pas moins de 450,000 mètres de glaces par an.

Les procédés employés actuellement à Saint-Gobain pour la fabrication des glaces ne sont aucunement des secrets, comme autrefois. Nous allons les indiquer sommairement :

On fait un mélange de sable de Fontainebleau épuré, de sulfate de soude et de carbonate de chaux fabriqués à Chauny, de charbon en quantité nécessaire pour décomposer le sulfate de soude pendant la fusion, enfin de morceaux de verre lavés et débarrassés de toute impureté. Ce mélange est introduit dans des pots ou creusets fabriqués avec le plus grand soin, placés dans les fours; la composition entre bientôt en fusion, son volume diminue; on recharge le pot trois fois environ. Au bout de 7 à 8 heures, le verre est fondu, mais l'opération de l'*affinage* commence. Elle a lieu sans toucher au pot, et seulement au moyen d'une plus grande charge de feu qui fait que les matières jusque-là restées réfractaires se fondent, et que celles qui sont susceptibles d'être volatilisées disparaissent. Cette seconde opération dure quatre heures; puis on baisse la température du four. Après deux ou trois heures de repos, la matière est devenue plastique, elle est propre à l'opération de la coulée.

Au moyen d'un appareil qui l'enserre et est suspendu à une grue à pivot, le pot est apporté au-dessus de la table, énorme pièce de fonte dont la surface est parfaitement dressée ; ses dimensions sont de 7 mètres sur 5. L'outillage accessoire de cette table se compose de réglettes destinées à être placées de façon à déterminer la grandeur de la glace, et d'un rouleau en fonte dont le cylindre agit au moyen d'une manivelle. Le tout étant préparé, le pot bascule, la matière incandescente coule, le rouleau la comprime, l'étale régulièrement. Des ouvriers spéciaux surveillent la coulée pendant que le rouleau agit ; ils enlèvent les parties défectueuses du verre. Puis la glace est saisie avec précaution par un groupe d'ouvriers habiles ; elle rentre alors dans la partie du four dont la chaleur est égale à celle que la glace conserve encore, et où elle doit se refroidir, opération qui dure quelques jours (1).

Les glaces refroidies sont amenées sur une table en bois ; là on les équarrit avec le diamant. Puis elles sont examinées, et suivant leur degré de perfection, elles restent entières ou sont débitées suivant diverses dimensions arrêtées d'avance.

Le polissage des glaces de Saint-Gobain se fait à Chauny. Elles sont donc transportées dans ce dernier établissement et amenées à bras d'homme (ce qui est une grande difficulté) jusque dans les ateliers où elles vont être doucies, c'est-à-dire dressées sur les deux faces, jusqu'à ce que les moindres aspérités aient disparu. A cet effet, elles sont scellées bien également à bain de plâtre sur des bancs de pierre, disposées deux par deux ; un châssis appelé *ferrasse* qui se meut en tournant sur lui-même, écrase du gros grès mouillé sur ces glaces. C'est par ce procédé, qu'au bout de quelques heures, la glace est aplanie d'un côté. Cela fait, on la retourne, on la scelle de nouveau, et l'opération recommence pour la deuxième face. La glace est alors *dégrossie*. On la *doucit* par le moyen du frottement d'autres glaces montées sur un châssis, et d'émeri fin. Elle est alors toute disposée pour recevoir le *polissage*. Cette dernière opération s'effectue sous des machines à mouvements circulaires ou de va et vient ; les polissoirs sont recouverts de feutres, l'action de leur frottement qui dure cinq ou six heures, pour chaque face de glace, est activée par l'emploi du colcotar ou potée de péroxyde de fer rouge provenant de la décomposition du protosulfate de fer par le feu. C'est vulgairement le rouge d'Angleterre.

Les glaces polies sont alors transportées dans une pièce tendue de noir, et posées sur des tables de la même couleur. Cet appareil quasi-sépulcral a pour but de permettre l'examen final, qui détermine leur classement par choix. Enfin, les glaces emballées sont expédiées à leur destination. Ce qu'il y a de curieux à constater ici, c'est que malgré toutes les manœuvres et transbordements auxquels donnent lieu toutes les opérations que nous avons décrites, il ne se brise guère que 6 $^0/_0$ des glaces fabriquées. Le malheur a voulu que l'une des grandes glaces belges envoyées à l'Exposition de 1878, ait été brisée ; néanmoins, elle a été admise.

Les verres pour toitures. — Les verres à reliefs exposés par Saint-Gobain, sont aussi désignés sous le nom de verres de toitures, verres coulés à reliefs, ou verres striés ; leurs principales qualités sont la solidité, leurs grandes dimensions et leur prix modéré. Depuis dix années environ, leur emploi s'est généralisé au point d'en faire, pour le vitrage et la toiture, le complément indispensable des grandes constructions métalliques. A leur qualité de résistance qui leur permet de résister à la grêle, ces verres joignent l'avantage de mieux conserver la chaleur

(1) Ces diverses opérations et celles qui vont suivre sont décrites avec plus de détails dans le beau livre de M. Turgan : *Les grandes usines de France.*

que le verre double à vitres, de briser les rayons du soleil, d'éviter l'usage des claies pour les serres, et de donner un jour doux et agréable, sans présenter, comme le verre dépoli, l'inconvénient d'absorber sensiblement la lumière. Le poids des feuilles est d'environ $12^k,500$ par mètre carré; l'épaisseur varie de $0^m,004$ à $0^m,006$, l'une des faces est lisse, l'autre est à relief et doit à la pose de se tourner vers l'extérieur. Les reliefs représentent, soit de fines cannelures parallèles, soit de petits ou de grands losanges. Le verre à grands losanges produit d'assez beaux effets dans les grandes baies verticales; aussi son emploi est-il tout indiqué pour clore les églises de nos campagnes, ou des raisons d'économie ne permettent pas l'emploi des vitraux. Les verres à petits losanges et striés s'emploient dans les marchés, écoles, serres, cours vitrées, vérandahs, etc., etc. Les galeries de $5^m,00$ du palais du Champ-de-Mars et la couverture des ailes du Trocadéro, vitrées avec des feuilles de $2^m,82$ de longueur sur $0^m,62$ de largeur ont utilisé plus de 15,000 mètres carrés de verre strié.

Il est facile d'apprécier les services que rendent les tuiles en verre. Pouvant se substituer aux tuiles de terre cuite, elles permettent d'éclairer un grenier, un hangar, un atelier, au point voulu sans qu'il soit nécessaire de faire une installation de châssis toujours très-coûteuse. La compagnie de Saint-Gobain expose des tuiles en verre de trois modèles différents (fig. 6, 7 et 8 de notre planche), celle marquée Saint-Gobain, a sa surface rayée par de fines cannelures, destinées à empêcher la tuile de faire lentille en un de ses points sous l'action des rayons solaires; celle à surfaces losangées est le modèle Fouinat; la petite tuile est le modèle Buissart. Les deux premiers modèles reproduisent les types si répandus des tuiles mécaniques de M. Avril, à Montchouin. et de M. Emile Muller, à Ivry. Treize de ces tuiles couvrent un mètre carré, et chaque tuile en verre pèse $2^k,500$ environ, poids inférieur de $0^k,50$ à celui de la tuile de terre cuite.

Les carrelages et pavés en verre. — Les *carrelages en verre* exposés sont de plus en plus employés aujourd'hui pour l'éclairage des sous-sols. Une application en a été faite tout récemment, à Paris, sur une surface de plus de 600 mètres carrés au nouvel hôtel du Crédit Lyonnais, boulevard des Italiens, à Paris. Toute la surface des vestibules et la salle des Pas-Perdus du rez-de-chaussée est ainsi dallée; il en est de même pour le premier étage du sous-sol, de telle façon que les deux étages souterrains sont éclairés par la lumière du rez-de-chaussée, lumière déjà tamisée par le vitrage établi au-dessus de cette salle. Cependant le jour est encore suffisant.

Ces dalles se posent dans les feuillures de châssis en fer profilé, à T simple ou autre, et sur mastic de vitrier. A $0^m,033$ d'épaisseur, le poids du mètre carré de dallage en verre est de 75 kilogrammes. Saint-Gobain fabrique et expose encore des pavés en verre destinés à éclairer les sous-sols sous les passages fréquentés par les voitures (fig. 9 de notre planche). Comme les dalles, ils sont maintenus par des châssis en fer à feuillures qui les sertissent, et sont posées sur mastic. L'hôtel du Louvre et l'hôtel Continental, à Paris, ont de ces pavages de verre. Chaque pavé pèse 9 kilogrammes. Enfin des dalles brutes, ou feuilles de verre de plus de $0^m,014$ d'épaisseur, destinées à servir à l'éclairage des sous-sols, et de 2 mètres sur $0^m,81$ font aussi partie de la collection exposée.

Dans le calcul des charges à faire supporter à la flexion, au verre convenablement recuit de Saint-Gobain, on peut compter comme coefficient à la rupture $R = 250$ kilogrammes par chaque centimètre carré de section.

La miroiterie. — Quoique la plus grande partie des miroitiers du bâtiment et même ceux de luxe ne fabriquent aucunement les accessoires de la glace,

comme cadres, parquets, etc., (1) et qu'ils ne fassent que par exception, par eux-mêmes, les travaux d'étamage et la taille dite façon Venise, il faut encore compter avec eux, pour le goût qu'ils déploient au point de vue de la composition du dessin de leurs bordures ou de leurs encadrements plus ou moins riches. Parmi les expositions de ces industriels, dont les travaux touchent autant à la construction qu'à la décoration, nous avons remarqué celles de M. Buguet, dans laquelle le bois sculpté joue un assez grand rôle, de MM. Mangin Lesur, Radius, Benda, Martin, Bay, Hasard, Girardin, Boucher, Brémart, etc., etc.

Nous terminerons ici notre étude sur le Génie Civil, en renvoyant à nos articles publiés dans le Tome IV. (Serrurerie et Pavillon de la ville de Paris). Des volumes entiers pourraient être écrits sur les diverses matières que nous venons de passer en revue; mais, nous avons dû nous arrêter à un cadre restreint, alors même que nous l'avons déjà outre-passé d'après les prévisions du Directeur de cette publication, qui par son ampleur, devient une véritable encyclopédie.

François Husson.

(1) Aujourd'hui, ce sont des ouvriers spécialistes qui font la taille et la gravure des glaces; d'autres les argentent ou les étament; enfin les encadreurs et les fabricants de parquets livrent anx miroitiers leurs ouvrages tout terminés.

LA MÉTHODE GRAPHIQUE

ET LES APPAREILS ENREGISTREURS

LEURS APPLICATIONS AUX SCIENCES PHYSIQUES, MATHÉMATIQUES ET BIOLOGIQUES

PAR

LE DOCTEUR GUSTAVE LE BON

INTRODUCTION

Considérée dans son acception la plus étendue, la méthode graphique comprend tous les modes de représentation figurée des objets et embrasse ainsi dans son ensemble les premières ébauches de dessins que nos ancêtres de l'âge de la pierre taillée nous ont laissées, les hyéroglyphes de l'antique Égypte, les lignes géométriques, l'écriture, la notation musicale, la photographie et la peinture.

Mais ces arts si divers sont devenus des branches spéciales des connaissances humaines et la méthode générale d'où elles dérivent n'a plus à s'occuper d'eux. Ce n'est que comme moyen de recherches et comme mode d'expression de certains phénomènes, ceux notamment dont les phases sont nécessairement changeantes, que la méthode graphique doit être considérée comme une science spéciale. Nous verrons qu'ainsi réduit, son champ demeure encore bien vaste. Envisagée comme moyen de représenter les phases variables d'un phénomène, elle possède une précision et une clarté qu'aucune autre méthode ne saurait atteindre. Plus puissante que le peintre qui ne peut fixer qu'une des physionomies des choses, elle sait garder la trace de leurs transformations les plus rapides et est alors aux moyens par lesquels on pourrait la remplacer, ce qu'est la description d'un paysage en langage ordinaire à la photographie de ce paysage ou celle des sinuosités d'un fleuve à la carte qui les représente.

Envisagée comme moyen de recherches, la méthode graphique constitue un des plus puissants agents d'investigation dont la science dispose. Elle révèle au mathématicien des relations qui restaient voilées sous les symboles dont il fait habituellement usage, permet au physicien de conserver pour toujours la trace des changements des forces qui l'entourent et de mesurer avec une précision rigoureuse des phénomènes dont la durée ne peut se chiffrer qu'en millièmes de seconde. Elle donne à l'ingénieur le moyen d'apprécier le travail accompli à chaque instant par les machines qu'il emploie et de déterminer sans longs calculs les dimensions à donner aux éléments qui entrent dans ses constructions suivant les résistances qu'ils doivent supporter. C'est grâce à elle que le physiologiste peut étudier les plus fugitifs mouvements du cœur et mesurer la vitesse de propagation de la volonté.

Bien que la méthode graphique constitue une science spéciale possédant des principes généraux dont ses applications particulières dérivent, il n'existe

encore aucun ouvrage où elle soit étudiée d'une façon complète (1). Il serait à souhaiter qu'une telle lacune fut bientôt comblée. Étroitement limitée par l'espace qui nous était assigné dans la grande publication dont fait partie ce travail, nous n'avons pu en réalité que dresser une sorte de catalogue des applications de cette méthode. Il suffira cependant, je l'espère, pour montrer leur importance.

La méthode graphique fait usage d'instruments spéciaux nommés appareils enregistreurs qui lui sont aussi indispensables que le compas peut l'être au géomètre. Ces instruments tendent à prendre en physique, en météorologie et en physiologie une importance tout à fait prépondérante. Ils remplacent l'observateur susceptible de se fatiguer et de se tromper par un observateur qui ne se fatigue pas et ne se trompe jamais. Décrire avec soin ces appareils, constituait une des parties les plus importantes de notre tâche. Nous avons résumé leur description avec le plus grand soin et insisté sur les détails techniques d'exécution quand ces détails n'avaient pas été publiés encore. Des recherches spéciales entreprises sur certains points de la physiologie nous ont conduit à imaginer des appareils enregistreurs nouveaux et reprendre l'étude de la plupart de ceux usités aujourd'hui. Nous sommes entrés en les décrivant dans des détails suffisants pour que les constructeurs puissent profiter d'une expérience très-couteusement acquise. Nous nous estimerons heureux si nos indications pouvaient les amener à simplifier les appareils compliqués qu'ils fabriquent actuellement, et que leurs prix élevés rendent inabordables pour la plupart des travailleurs.

Nous ne terminerons pas cette introduction sans adresser nos remerciements aux savants qui ont bien voulu nous fournir des documents pour la rédaction de ce travail. Nous mentionnerons notamment parmi eux MM. Marey (de l'Institut), Yvon Villarceau (de l'Institut), Wolf (de l'Observatoire), le colonel Sébert (de l'artillerie de marine) Lalanne (directeur de l'école des ponts-et-chaussées); MM. Salleron, Redier, Secretan, Bréguet, Bourdon constructeurs, MM. Gauthier-Villars, Hachette et Masson éditeurs, et enfin notre savant et ingénieux collaborateur, le docteur G. Noël, préparateur au Collége de France avec le concours duquel nous avons fait exécuter la plupart des instruments nouveaux décrits dans ce travail.

(1) Quelques ouvrages, et notamment *Die graphische statick* (*Culmann*, Zurich 1866). *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et en particulier en physiologie et en médecine*, H. Marey (Paris 1878) contiennent, le dernier surtout, d'excellentes applications de la méthode graphique, mais elle n'y est guère considérée que, relativement à des sujets spéciaux, comme l'art de l'ingénieur ou la médecine.

PREMIÈRE PARTIE

LA MÉTHODE GRAPHIQUE ET SES APPLICATIONS

I. PRINCIPES SCIENTIFIQUES DE LA MÉTHODE GRAPHIQUE, CLASSIFICATION DES DIAGRAMMES : Expression graphique des phénomènes. — Supériorité de la méthode graphique sur la méthode numérique. — Principes de géométrie servant de base à la méthode graphique. — Expression des relations entre deux et trois variables. — Classification des graphiques. — II. DIAGRAMMES A COORDONNÉES RECTANGULAIRES : Diagrammes représentatifs des lois physiques. — Diagrammes représentatifs du mouvement. — Diagrammes exprimant le travail effectué par une machine. — Diagrammes représentatifs de divers phénomènes météorologiques. — Diagrammes représentatifs du degré de solubilité des corps.— Diagrammes représentant les variations de la température du corps, du pouls, etc. — Représentation graphique de la mortalité. — Représentation graphique de divers phénomènes statistiques. — Nouvelles courbes statistiques du Dr Gustave Le Bon. — III. DIAGRAMMES A ORDONNÉES EN COLONNES : Application des diagrammes à colonnes à la représentation de divers phénomènes statistiques industriels et sociaux. — Leur emploi comme moyen de comparaison. — Exemples divers. — IV. DIAGRAMMES A COORDONNÉES POLAIRES : Représentation de divers phénomènes météorologiques et statistiques. — Moyens divers de faire usage de cette méthode, ses inconvénients. — V. DIAGRAMMES A COURBES D'ÉGAL ÉLÉMENT : Représentation graphique du relief du sol. — Cartes topographiques à courbes de niveau. — Représentation de certains phénomènes météorologiques et statistiques au moyen de courbes de niveau. — VI. DIAGRAMMES-CARTES : Représentation de divers phénomènes statistiques et historiques au moyen de diagrammes-cartes à surfaces variables. — Production du sol, mortalité, etc., au moyen de cartes teintées. — Infériorité de cette méthode.

I. — PRINCIPES SCIENTIFIQUES DE LA MÉTHODE GRAPHIQUE, CLASSIFICATION DES DIAGRAMMES.

Des grandeurs quelconques, forces, poids, durée, peuvent s'exprimer par des chiffres ou des lignes. Leur expression par des chiffres constitue la méthode numérique, leur expression par des lignes, la méthode graphique. Quand il s'agit de traduire, et surtout de comparer des variations nombreuses de diverses grandeurs, la seconde est à la première ce que serait une carte bien faite à la description en langage ordinaire de tous les éléments que cette carte représente.

Mais la méthode graphique n'a pas seulement pour but d'exprimer les variations de diverses grandeurs, elle permet de montrer comment ces grandeurs varient en fonction l'une de l'autre. Les graphiques de la pression barométrique ou des variations de la température aux diverses heures de la journée, par exemple, expriment les variations du baromètre et du thermomètre en fonction du temps.

L'expression graphique des variations que peuvent éprouver certaines grandeurs dont les unes sont en fonction des autres, repose sur certains principes de géométrie supérieure qu'il est nécessaire de rappeler en quelques mots, parce que c'est sur eux que repose la classification des divers modes d'expression graphique que nous avons cru devoir adopter.

Lorsqu'un géomètre, un géographe, un astronome, veulent indiquer sur un plan la position d'un objet quelconque, ils le font en se basant sur ce principe, que la position d'un point est déterminée sur un plan quand on connaît ses distances horizontale et verticale, à deux axes fixes, perpendiculaires l'un à l'autre. Ces deux distances constituent ce qu'on nomme les coordonnées de ce point. Suivant la science qui en fait usage, leurs noms varient. En géométrie analytique, on les nomme abscisses et ordonnées, en géographie, longitude et latitude, en astronomie, ascension droite et déclinaison. On sait que c'est en déterminant les relations existant entre les coordonnées d'une courbe, c'est-à-dire son équation, que Descartes créa la géométrie analytique.

Les axes fixes, auxquels on rapporte la position d'un point pour le déterminer, pouvant occuper des situations variables, on conçoit qu'il existe plusieurs systèmes de coordonnées. Quand les axes auxquels se rapportent les distances se coupent à angle droit, les coordonnées sont dites rectangulaires ou orthogonales. Dans le système de coordonnées que nous venons de mentionner, les abscisses et les ordonnées sont généralement représentées par des lignes. Cependant lorsqu'on veut exprimer aux yeux, en statistique notamment, que les ordonnées sont des moyennes établies sur certaines durées, on remplace les lignes verticales par des colonnes.

Au lieu de coordonnées rectangulaires, on fait fréquemmnnt usage, comme mode d'expression graphique, du système des coordonnées polaires dans lequel la position d'un point est définie par sa distance à un point fixe, et par l'angle que fait la ligne allant à ce point fixe avec un axe déterminé partant de ce point. Les ordonnées, au lieu d'être parallèles entre elles, comme dans le système précédent, convergent toutes vers un même centre. Ce mode d'expression graphique est fréquemment usité en météorologie pour exprimer l'intensité du vent suivant les divers azimuts de l'horizon.

Les divers modes d'expression graphique dont nous venons de parler, ne permettent d'exprimer que deux des mesures de l'espace, la longueur et la largeur, mais les corps solides possèdent une troisième dimension, l'épaisseur. Par des moyens divers empruntés à la géométrie descriptive ou à la perspective, la méthode graphique permet également de la traduire. L'expression graphique des relations entre les trois dimensions de l'espace ou ce qui revient au même entre trois variables quelconques se fait facilement au moyen de courbes particulières, dites d'égal niveau, qu'on emploie en topographie pour exprimer les variations de la hauteur du sol en fonction de la latitude et de la longitude, et qui représentent les projections horizontales de sections équidistantes, horizontales et parallèles. Nous expliquerons plus loin leur construction, en indiquant les applications qu'on en a faites à la météorologie, à la statistique et celles que nous en avons faites nous-mêmes à la solution de certains problèmes mécaniques.

Au lieu d'exprimer les variations d'un phénomène en fonction de deux autres par des courbes de niveau, on les exprime souvent par des cartes sur lesquelles on représente, soit par des surfaces d'étendue variable, soit par des surfaces égales, mais diversement coloriées ou plus ou moins teintées, l'intensité du phénomène, circulation sur une route, mortalité, naissance, etc., dont on veut peindre les variations. On désigne souvent ce mode d'expression graphique sous le nom de *Cartogrammes*.

En nous basant sur ce qui précède, nous classerons les graphiques ou diagrammes envisagés comme mode de représentation des phénomènes dans les catégories suivantes : 1° diagrammes à coordonnées rectangulaires linéaires, 2° diagrammes à coordonnées rectangulaires et à ordonnées en colonnes; 3° diagrammes à coordonnées polaires; 4° diagrammes à courbe d'égal élé-

ment; 5° diagrammes-cartes, comprenant ceux à surfaces variables, et ceux à surfaces diversement teintes.

Nous allons par quelques exemples montrer les applications de ces divers modes de représentation.

II. — DIAGRAMMES A COORDONNÉES RECTANGULAIRES.

Diagrammes représentatifs des lois physiques. — Diverses lois physiques telles que celles de la chute des corps, se représentent très-facilement par la méthode graphique. Si l'on oblige un corps pesant muni d'un crayon à rester en contact pendant sa chute avec une feuille de papier enroulée à la surface d'un cylindre en rotation, on obtient une courbe parabolique qui montre que les espaces parcourus, représentés par la longueur des abscisses, croissent comme les carrés des temps employés à les parcourir représentés par la hauteur des ordonnées, ce qui est une des lois de la chute des corps.

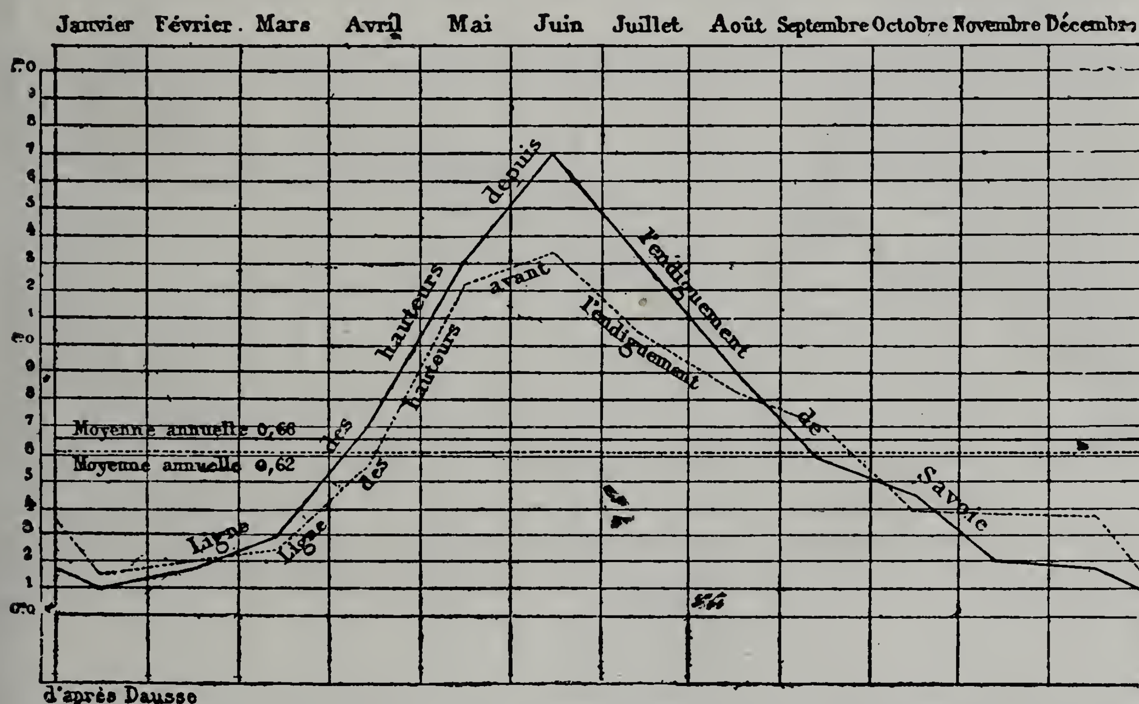


Fig. 1. — *Expression graphique de l'influence fâcheuse qu'a exercée sur la hauteur moyenne des crues de l'Isère la construction de digues latérales trop rapprochées.*

La plupart des lois physiques, telles que celles qui régissent la force élastique de la vapeur d'eau à diverses températures, la dilatation du mercure, la compressibilité de l'air, les variations de pression d'un liquide sur les différents points d'un tube d'écoulement, la propagation de la chaleur dans une barre métallique, etc., se représentent très-facilement aussi par la méthode graphique. Pour exprimer par exemple les lois de la propagation de la chaleur dans une barre de métal dont on chauffe une extrémité, on donne à l'axe des abscisses une longueur proportionnelle à celle de la barre, et aux ordonnées des hauteurs proportionnelles à l'élévation que présenterait la colonne d'un thermomètre placé à diverses régions de la barre.

Un grand nombre de faits divers, même quand on n'en connaît pas la loi, peuvent, comme on le voit par la figure 1, s'exprimer clairement par la méthode graphique.

Diagrammes représentatifs des mouvements. — Les mouvements d'un projectile dans l'espace, d'un véhicule sur une route, d'un ballon dans l'atmosphère, d'un vaisseau sur l'Océan, sont représentés avec la plus grande facilité par la méthode graphique, et ne peuvent même être représentés clairement que par elle. Si le mouvement est irrégulier, la courbe présentera des inflexions proportionnelles à ces irrégularités. Plus la vitesse sera grande, plus la direction de la courbe tendra à devenir verticale. Elle tendra naturellement à devenir de plus en plus horizontale dans le cas contraire.

La représentation graphique de la vitesse variable d'un corps en mouvement est employée depuis plusieurs années par les grandes compagnies de chemins de fer pour exprimer la marche des trains, et aujourd'hui, sur toutes les lignes importantes, les chefs de service possèdent une feuille sur laquelle est graphiquement figurée la marche de tous les trains, et dont le simple aspect indique les heures de départ et d'arrivée de chacun d'eux à chaque station, leur vitesse au moment de leur passage à chaque point, la durée des arrêts, les

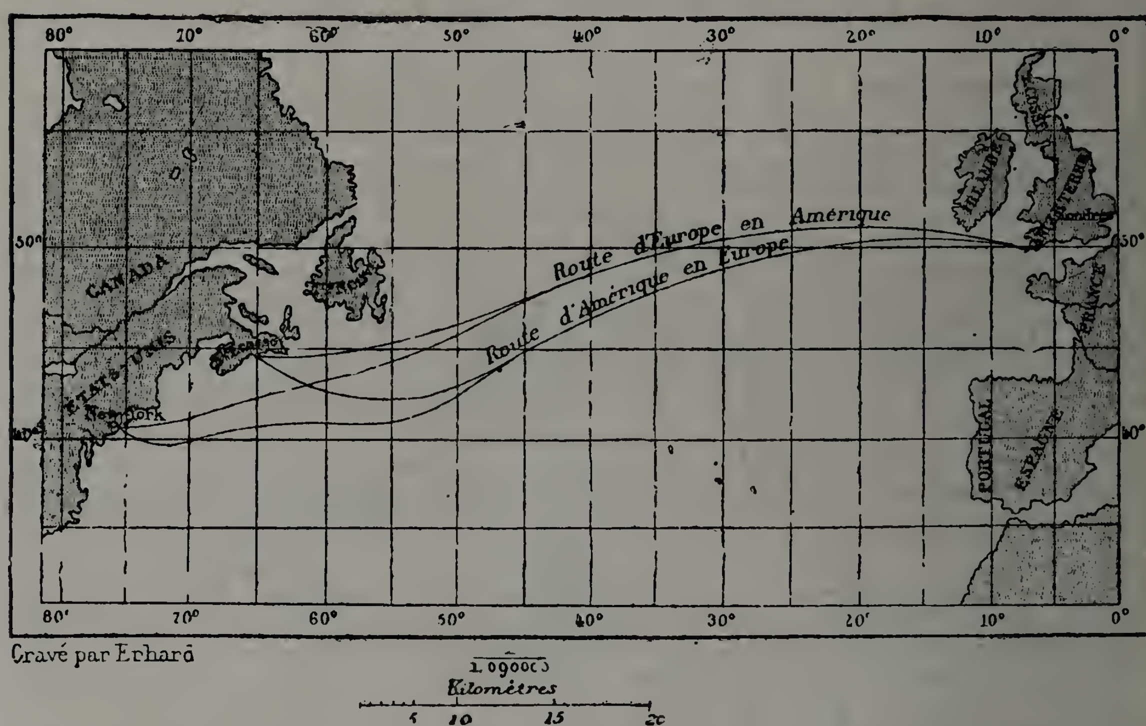


Fig. 2. — *Expression graphique de la route que doivent suivre les bateaux à vapeur sur l'Océan pour profiter des vents et courants, et abréger ainsi de moitié la durée de leur trajet* (Géographie de Reclus).

lieux d'entrecroisement, etc., documents qui exigeraient de véritables volumes de chiffres pour pouvoir être exprimés beaucoup moins clairement. Je regrette que le défaut d'espace m'empêche de reproduire une de ces feuilles. Il me suffira, du reste, pour faire comprendre leur construction, de dire que l'axe des abscisses est divisé en heures et subdivisions d'heures, que l'axe des ordonnées est divisé en kilomètres, et que le nom de chaque station est écrit à la place qu'elle doit occuper, d'après sa distance du point de départ. Les trains ascendants étant marqués dans une direction, les trains descendants le sont dans une autre ; les points où ils se coupent se trouvent naturellement indiqués par l'entrecroisement des lignes. L'arrêt d'un train à une station est marqué par le changement de direction de la ligne oblique indiquant sa marche. Elle prend alors une direction horizontale dont la longueur indique la durée de l'arrêt.

Bien que la vitesse de chaque train soit indiquée par le degré d'obliquité des lignes, qui tendent d'autant plus à se rapprocher de la verticale que la marche

est plus rapide, on rend le diagramme plus expressif encore en représentant par des traits noirs les trains à marche très-rapide.

Divers phénomènes, tels par exemple que la direction que doivent suivre les bâtiments pour profiter des vents et des courants dans le but d'abréger leur route, s'expriment clairement par la même méthode graphique (fig. 2).

Diagrammes exprimant le travail effectué par une machine. — En étudiant les appareils enregistreurs, nous indiquerons comment on oblige une machine à vapeur ou un dynamomètre à inscrire le travail accompli par eux, travail que représente le produit de la résistance vaincue, et par conséquent de l'effort produit par le déplacement imprimé à cette résistance, par le chemin parcouru. Il est facile de comprendre que le produit de ces deux valeurs puisse être représenté par un rectangle dont chaque côté correspond à l'une d'elles. On conçoit dès lors que l'évaluation de la surface limitée par la courbe que trace l'indicateur d'une machine à vapeur, et qui est tel que l'un des axes représentant le chemin parcouru, l'autre indique l'effort dépensé par la machine dans chaque unité de temps, puisse donner à une échelle déterminée le travail effectué.

Diagrammes représentatifs des variations de divers phénomènes météorologiques. — C'est surtout en météorologie que l'emploi des diagrammes est devenu d'un usage général. Certains journaux politiques comme le *Times*, en Angleterre, donnent depuis longtemps à leurs lecteurs des diagrammes qui font connaître jour par jour les variations de température, de pression, d'humidité, etc. Un excellent journal scientifique français, *La Nature*, en publie un chaque semaine, tel que celui que nous reproduisons (fig. 3), faisant connaître pour chaque heure et chaque jour de la semaine, la pression et la température. L'axe des abscisses est divisé en lignes représentant les heures ; une ligne plus épaisse indique la fin de chaque journée. Les noms des jours de la semaine sont écrits du reste à leurs places respectives. L'axe des ordonnées est divisé en parties équidistantes, représentant pour le côté gauche des millimètres de pression, pour le côté droit des degrés du thermomètre. Un dessin de la lune indique sa phase. En dehors de ce dernier dessin, qu'il faut faire naturellement à la main, les autres indications sont inscrites par les appareils eux-mêmes.

Les diagrammes météorologiques se comprennent à première lecture, et sont trop simples pour avoir besoin d'explications. Ils sont généralement construits dans le système des coordonnées rectangulaires, mais on fait cependant assez fréquemment usage de coordonnées polaires pour les directions du vent, ou de courbes d'égal niveau pour exprimer les points d'une région où la pression, la température, etc., sont les mêmes.

Les variations des taches solaires, celles de l'intensité des divers rayons du spectre, et un grand nombre d'autres phénomènes physiques dont l'énumération serait trop longue peuvent être représentés également par la méthode des coordonnées rectangulaires. L'aspect de tous ces graphiques est fort clair. En ce qui concerne les diagrammes de l'intensité des divers rayons du spectre, par exemple, ils montrent immédiatement que le maximum d'intensité chimique, calorifique et lumineuse ne sont pas dans les mêmes régions du spectre; c'est pour cela que les corps qui éclairent le plus ne sont pas ceux qui chauffent le plus, et qu'on ne saurait en photographie déduire le temps de la pose de l'intensité lumineuse. Alors que le maximum d'intensité calorifique est dans le voisinage du rouge, celui de l'action chimique à côté du violet, le maximum de l'activité lumineuse se trouve entre les deux précédents. Suivant la lumière employée, ces courbes se déplacent et varient d'importance.

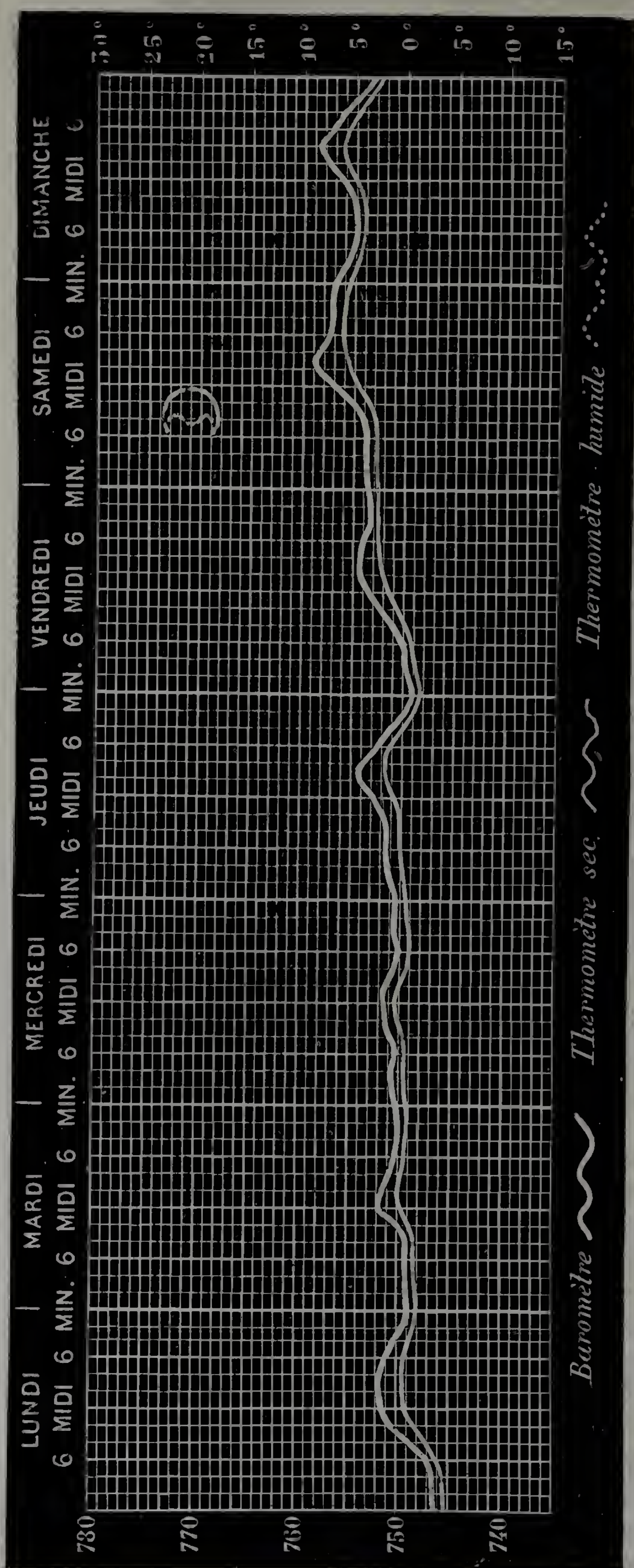


Fig. 3. — *Expression graphique des variations horaires de température et de pression.*

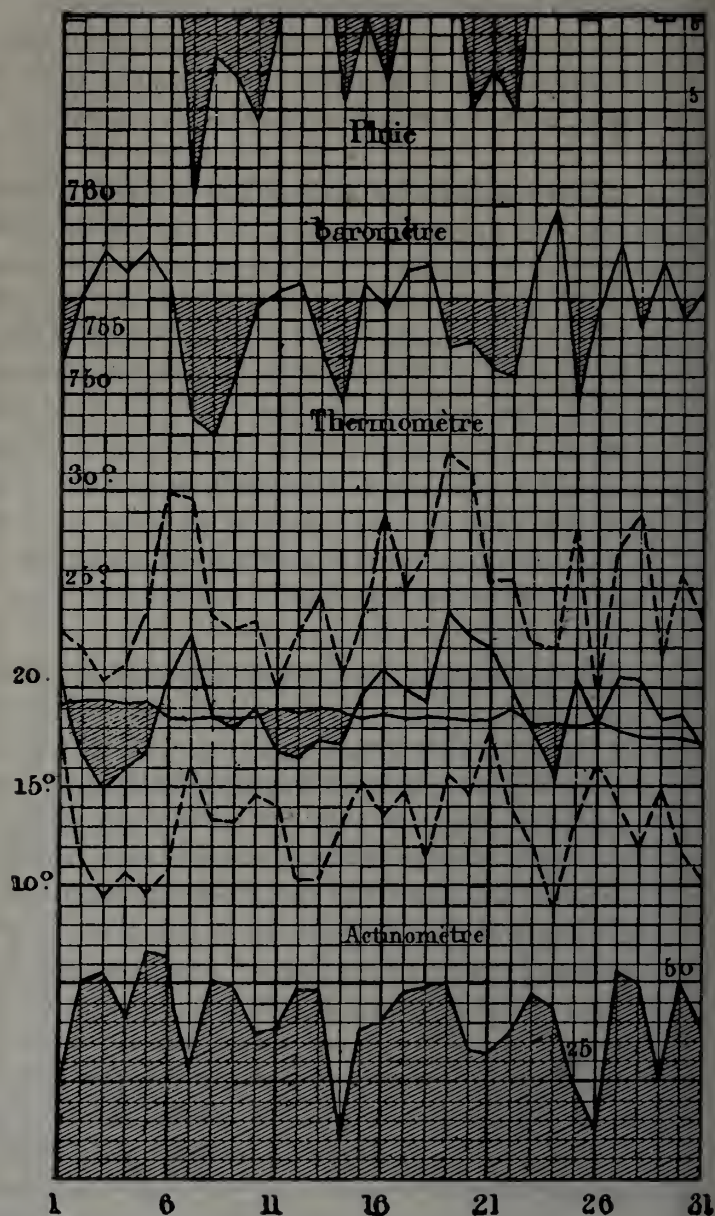


Fig. 4. — *Expression graphique des variations diurnes de divers phénomènes météorologiques.*

Ce diagramme, emprunté à l'Observatoire de Montsouris, comprend les variations de la pluie, de la pression barométrique, de la température à l'air et de l'actinomètre. La hauteur de la pluie tombée chaque jour se compte à partir du sommet du diagramme, à raison d'un interligne pour 1 millim. d'eau. La hauteur du baromètre se lit au-dessous de la courbe précédente. Un interligne correspond à 1 millim. de mercure. La courbe a été teintée dans les parties correspondant à une pression inférieure à la moyenne normale (755mm). La température comprend quatre lignes : la première, pleine, correspond aux températures moyennes de chaque jour du mois, d'après les observations faites depuis soixante ans. La seconde, également pleine, correspond aux températures moyennes diurnes de l'année où on se trouve. La partie teintée indique les périodes pendant lesquelles la température moyenne a été inférieure à la normale. Les deux lignes pointillées représentent l'une la marche des températures maxima, l'autre celle des températures minima. Sous l'indication actinomètre sont marqués les degrés actinométriques moyens de chaque jour, rapportés au chiffre 100. Les numéros tout à fait en bas de la figure représentent les divisions des jours du mois. Chaque feuille comprend 31 divisions verticales, correspondant à 31 jours.

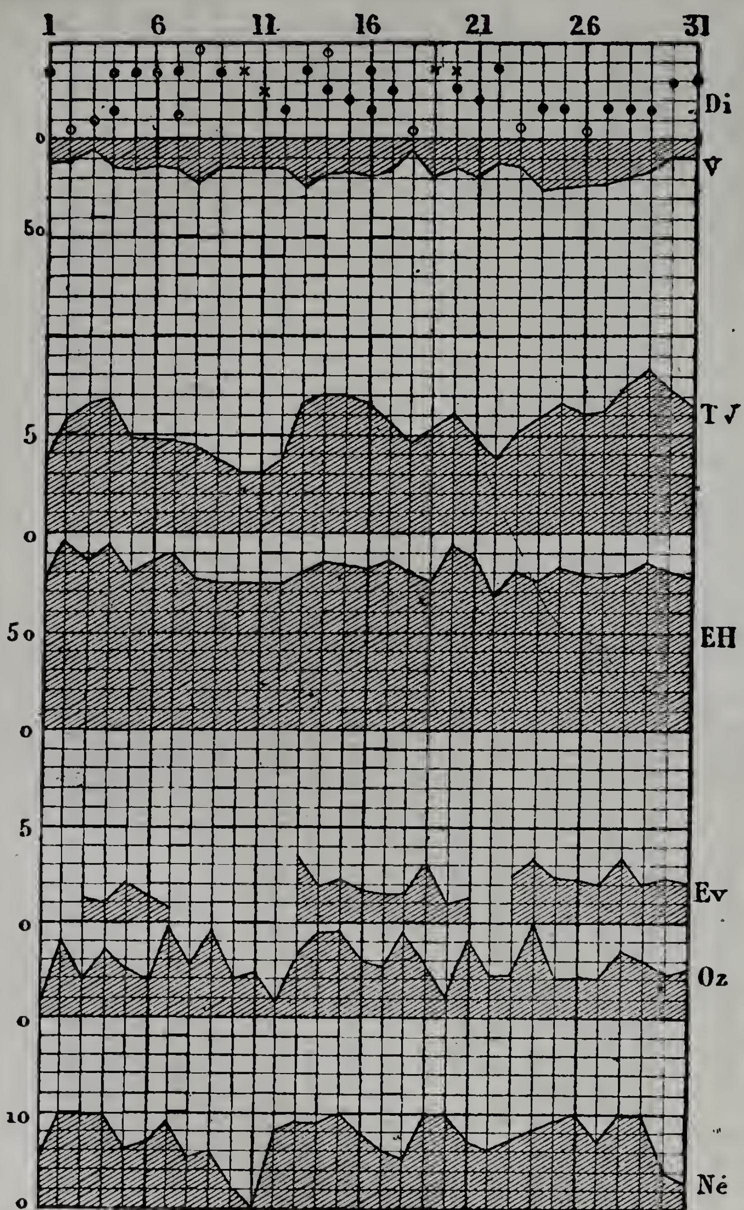


Fig. 5.

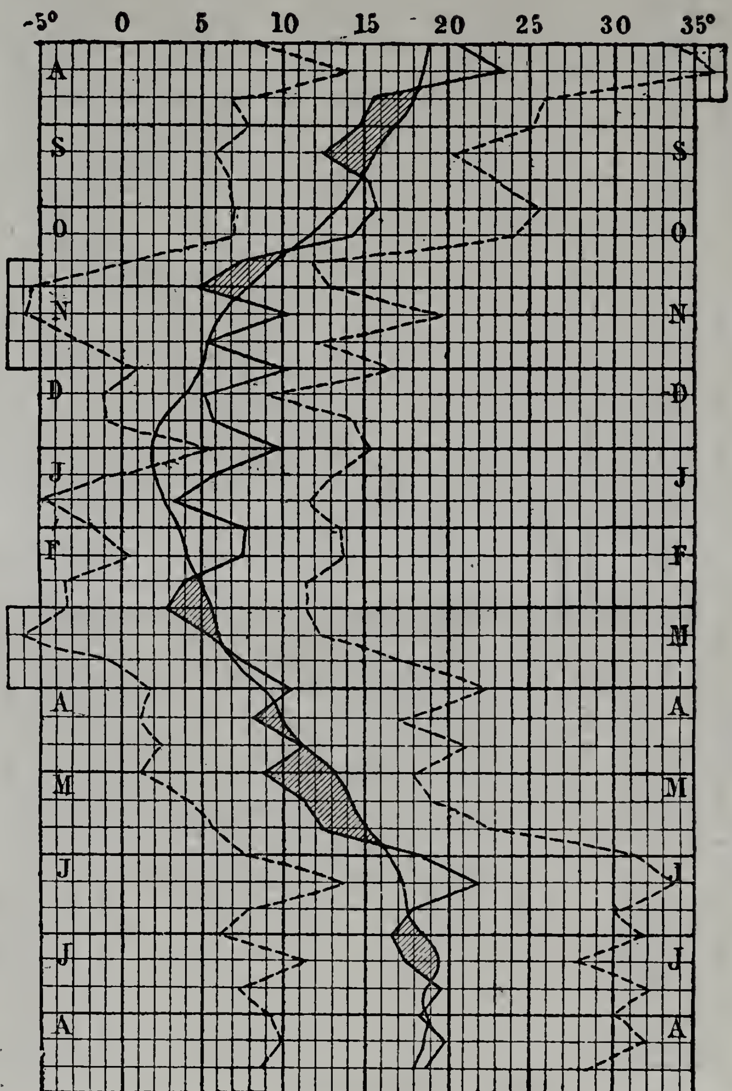


Fig. 6.

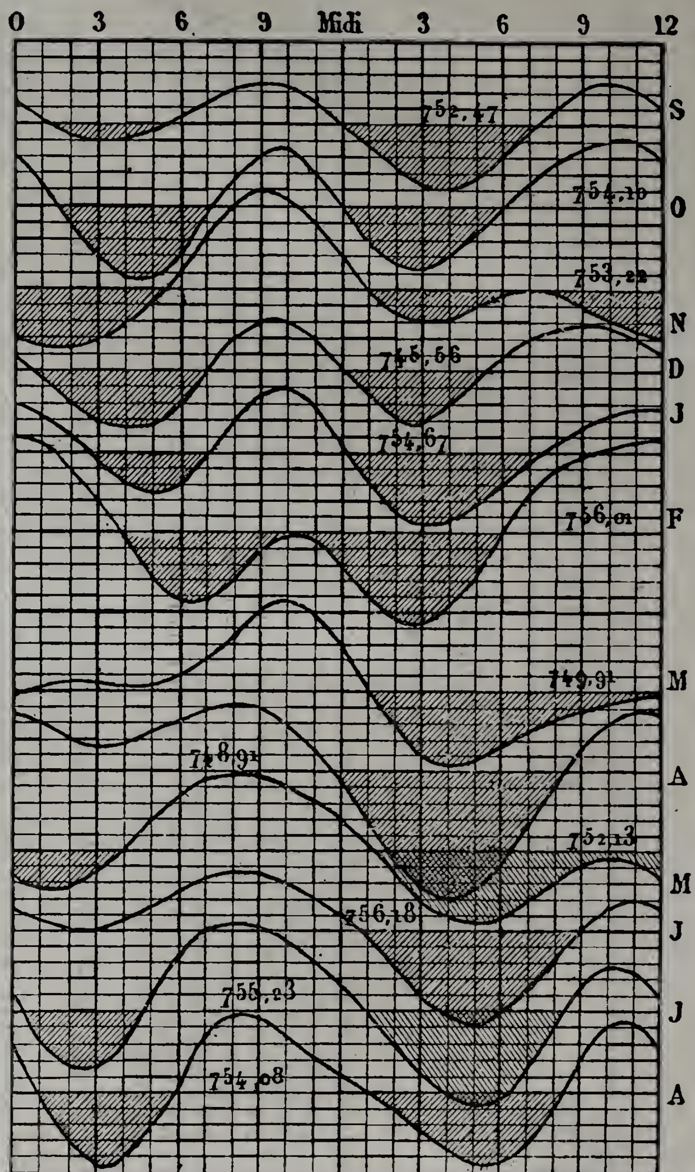


Fig. 7.

Légendes des fig. 5, 6 *et* 7.

Fig. 5 — *Expression graphique de divers phénomènes météorologiques. Observatoire de Montsouris.*

DI, Direction du vent. Elles sont pointées sur une série d'interlignes parallèles. Le plus élevé correspond au vent du Nord, le plus bas au vent du Sud. Si le vent est tout à fait Nord ou Sud, il est marqué par un cercle blanc; s'il incline à l'Est, il est marqué par un cercle noir; s'il incline à l'Ouest, par une croix; V, vitesse du vent marquée à raison d'un interligne, par 10 kil. parcourus par le vent pendant une heure; TV, teneur de la vapeur d'eau marquée à raison d'un interligne par millimètre; EH, degré hygrométrique exprimé en centièmes, un interligne correspond à 10 centièmes de saturation; EV, tranche d'eau évaporée à raison de 1 milligr. par interligne; *oz*, ozone à raison de 1 milligr. par interligne; nébulosité marquée de 0 à 10 et par demi-interligne.

Fig. 6. — *Expression graphique des températures moyenne et extrême par décades. Observatoire de Montsouris.*

La ligne sinueuse noire représente la marche des températures moyennes par décades, déduites de 60 années d'observations. La ligne brisée qui serpente autour indique les moyennes par décades des années 1876-1877. L'intervalle compris entre ces deux lignes mesure les écarts entre ces deux séries de moyennes. L'intervalle est teinté quand la moyenne d'une décade est inférieure à la normale. Les lignes pointillées passent, l'une par la température maxima, l'autre par la température minima de chaque décade. Les lettres écrites en marge représentent les mois de l'année.

Fig. 7. — *Oscillation diurne du baromètre. Observatoire de Montsouris.* — Un interligne $= 0^{m}/_{m},1$.

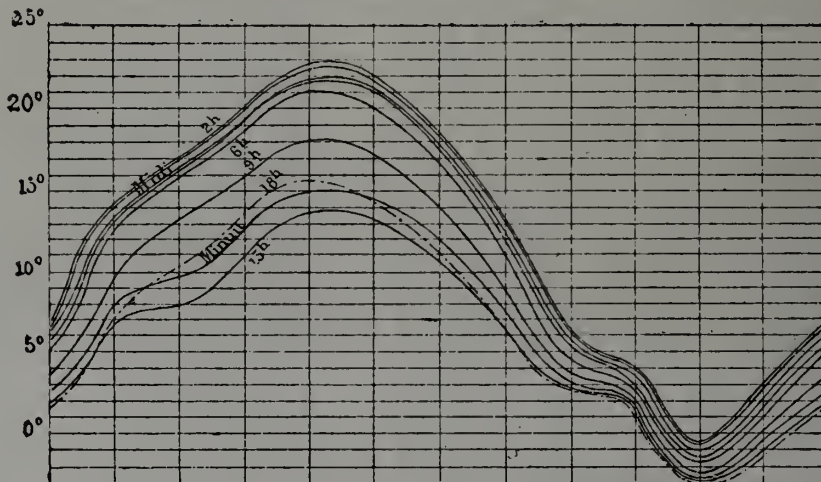


Fig. 8. — *Expression graphique de variations de la température moyenne mensuelle par heure à Halle.* L'écart de température entre le jour et la nuit est, comme on le voit, beaucoup plus grand en été qu'en hiver.

Diagrammes représentatifs du degré de solubilité des corps. — On fait fréquemment usage en chimie de courbes qui font connaître le degré de solubilité des corps. On les construit en déterminant la quantité de sel nécessaire pour saturer un litre d'eau à différents degrés. La température se lit sur l'axe des abscisses, la proportion de sel exprimée en grammes dissoute dans un litre d'eau, suivant la température sur l'axe des ordonnées. On fait généralement figurer sur le même tableau la courbe de solubilité, très-irrégulière du reste, de plusieurs sels. On y voit, par exemple, que certains sels, comme le sulfate de soude, présentent une solubilité croissante jusqu'à un degré déterminé, et décroissante ensuite. Une courbe de même nature sert à exprimer la solubilité de la vapeur d'eau dans un mètre cube d'air suivant la température.

Diagrammes représentant les variations de la température du corps, celles du pouls, etc.—L'emploi des méthodes graphiques commence à se généraliser en médecine, et remplace avec avantage les colonnes d'observations où la fréquence du pouls, la température, l'état des déjections, etc., étaient autrefois notés avec le plus grand soin. Comme l'a justement écrit un savant praticien,

le docteur Lorrain : « La fastidieuse description en langage obscur et plein de vague de la marche d'une maladie idéale, vue à travers la doctrine du moment, ne saurait entrer en parallèle avec la figure nette, précise, mesurable formant ensemble, que donne une courbe.

Jusqu'à présent ces courbes médicales n'ont pas encore reçu l'extension qu'elles méritent, et les médecins n'appliquent guère la méthode graphique qu'à l'inscription de la température et du pouls. Le pouls s'inscrit avec l'instrument que nous décrirons sous le nom de sphygmographe. La température se prend directement dans l'aisselle ou la bouche du malade, soir et matin avec un thermomètre gradué en dixièmes de degré : on la marque par un point sur une feuille de papier quadrillé dont une division de l'axe des ordonnées correspond à un dixième de degré, et une division de l'axe des abscisses à une demi-journée. Tous ces points sont réunis par une ligne qui forme la courbe de la température. Le simple aspect de cette courbe fournit immédiatement des renseignements très-utiles sur la marche de la maladie. L'abaissement régulier de la courbe, par exemple, permet un pronostic favorable. La fixité de la température pendant la convalescence est une preuve certaine que cette convalescence est bien établie. Aussitôt que la température s'élève, on doit craindre une rechute ou le développement d'une autre maladie. Les affections à marche mortelle sont indiquées par une élévation continue, ou à peine interrompue par une courte rémission de la courbe de la température. Quand le thermomètre se maintient entre 40 et 41° pendant plusieurs jours avec faible abaissement le matin, on peut pronostiquer une mort prochaine. Avec un abaissement important (6 à 7 dixièmes de degré) le matin, cette température élevée pourrait au contraire être supportée très-longtemps.

D'autres courbes que celles qui précèdent peuvent être utilisées par les médecins. Je mentionnerai notamment celle des variations du poids de l'enfant aux premiers âges de la vie. Elle constitue un des meilleurs moyens que la science possède de constater par son accroissement ou son abaissement l'état de santé ou de maladie de l'enfant.

Représentation graphique de la mortalité. — Les courbes de mortalité fournissent les renseignements les plus précis sur la marche d'une maladie ou d'une épidémie, et si on enregistre sur le même tableau d'autres courbes, comme celles de la température, de l'humidité, de l'ozone, etc., on peut voir immédiatement leurs relations et en tirer des renseignements pratiques. Si on veut se borner à exprimer la marche d'une épidémie pendant plusieurs mois, le simple aspect de la courbe en dira davantage que les plus longues explications écrites.

La statistique du mouvement de la population s'exprime toujours en France par chiffres, mais dans la plupart des autres pays, en Angleterre notamment, les Compagnies d'assurances font généralement usage de la méthode graphique.

Représentation graphique de phénomènes statistiques et de faits divers. — En parcourant les divers travaux de statistique qui figuraient à l'Exposition universelle dans plusieurs sections, rien n'était plus frappant que l'abondance de documents statistiques publiés sous forme graphique dans un grand nombre de pays, la Hongrie, la Russie, l'Italie, l'Amérique, par exemple, en présence de la pauvreté excessive de semblables matériaux en France. Cette lacune est d'autant plus remarquable que nos documents statistiques, notamment l'*Annuaire statistique* publié par le Ministère du commerce, sont rédigés avec assez de soin.

Les modes de représentation graphique les plus répandus pour l'expression des phénomènes statistiques sont les diagrammes à colonnes et les carto-

grammes; j'en parlerai plus loin dans le paragraphe consacré à ce mode de représentation graphique. Parmi les diagrammes statistiques à coordonnées rectangulaires qui ont figuré à l'Exposition, je signalerai ceux publiés par la Compagnie de l'isthme de Suez; ils donnaient pour chaque année l'importance du trafic du canal; certains diagrammes financiers de la ville de Paris; le mouvement des prix et des salaires pendant une période assez longue, publiés par l'Italie; les tableaux d'exportations de la Russie, etc. Il est singulier de voir combien ce mode de représentation a mis de temps à se répandre, quand on sait que dès 1789 dans ses *Tableaux d'arithmétique linéaire*, Playfair en faisait usage. On y voit notamment deux diagrammes, l'un qui représente l'accroissement de la dette d'Angleterre de 1688 à 1784, l'autre donnant un tableau fort remarquable. figurant la différence entre les importations et les exportations, Des tableaux semblables publiés tous les ans nous renseigneraient plus sur l'état de notre commerce et de notre industrie que d'encombrants et coûteux volumes de chiffres dont l'étude est des plus fatiguante.

Les diagrammes construits suivant la méthode qui précède sont très-souvent employés pour exprimer les variations de poids, de taille, d'un groupe donné d'individus. On porte en abscisses horizontales la série des grandeurs que peuvent affecter les valeurs diverses : poids, taille, etc., dont il s'agit de peindre les variations, et en ordonnées verticales, les chiffres indiquant la série de ces variations. La courbe ainsi obtenue a l'aspect d'un V renversé à bords inférieurs latéralement prolongés. Quételet a donné à ces courbes le nom de courbes binomiales, parce que, quand il s'agit de certains phénomènes naturels, comme la taille, le poids, etc., leur formule représente la loi des coefficients du binôme de Newton. Divers phénomènes physiques, qui semblent dus au hasard, comme les erreurs commises en observant le passage d'un astre au méridien, celles du pointé dans le tir à la cible, sont exprimés par la même courbe.

Parmi les applications statistiques de la méthode graphique, on peut mentionner les diagrammes qui font connaître les variations du cours des valeurs publiques. Employé au commencement de ce siècle, par l'ingénieur Fressard, ce mode d'expression, pourtant si clair, s'est répandu très-lentement. Ce n'est que depuis quelque temps qu'on voit certains journaux en faire usage.

Lorsqu'on doit comparer entre eux un certain nombre de chiffres, par exemple la taille, la capacité crânienne, l'âge, etc., de divers groupes d'individus, on réunit ensemble toutes les observations, et on divise leur somme par leur nombre. Ce sont les moyennes ainsi obtenues, et qui représentent une sorte de valeur intermédiaire entre toutes celles qui ont servi à les former, que l'on compare ensuite. Plus le nombre des sujets entrant dans chaque groupe est grand, plus les moyennes obtenues sont considérées comme exprimant le mieux l'état de ces différents groupes.

Cette méthode d'expression et de comparaison des résultats, dite méthode des moyennes, est la plus répandue en statistique. Utile quand elle se borne à prendre la moyenne d'un groupe de valeurs peu différentes, comme par exemple celle des observations d'un phénomène astronomique, elle devient entièrement illusoire, quand il s'agit de comparer des valeurs très-différentes. Les chiffres donnés pour représenter la durée moyenne de la vie, la taille moyenne, etc., d'un grand nombre de sujets d'âge et de taille différents, par exemple, sont des valeurs artificielles, qui semblent devoir représenter les chiffres qu'on observe le plus fréquemment, et qui représentent au contraire, ceux qui s'observent le plus rarement. Quand on dit que la durée de la vie moyenne dans un pays est je suppose de quarante ans, il semble immédiatement que c'est à cette époque de la vie que la grande majorité des individus doit mourir : or, l'observation démontre que c'est au contraire la minorité

qui meurt à cet âge. C'est dans l'extrême enfance et dans la vieillesse que se rencontre la plus grande mortalité, et nullement à l'époque indiquée par la moyenne.

La plupart des moyennes fournissent des résultats aussi trompeurs. Le chiffre donné pour la consommation individuelle de la viande en France par exemple, est un chiffre obtenu en réunissant, comme dans les cas précédents des sujets tout à fait différents : ceux des classes riches qui mangent beaucoup de viande, ceux des classes peu aisées qui n'en mangent guère, et ceux de certaines campagnes qui n'en mangent pas du tout. Le résultat est naturellement absurde.

Ces moyennes générales qui confondent entre eux des éléments tout à fait dissemblables, sujets grands et petits, riches et pauvres, individus d'âge, de conditions, de sexe, de genre de vie différents, peuvent être utiles, pour indiquer en bloc les variations que produisent sur une masse considérable d'individus, la civilisation, l'influence du milieu, etc., mais elles sont impuissantes à nous fournir les plus légers renseignements sur les diverses variations qui se manifestent dans les groupes qui constituent cette masse. Or, ce sont précisément ces renseignements que le plus souvent il importe d'obtenir. Les moyennes des statisticiens sont généralement aussi inutiles à l'économiste ou au philosophe que pourrait l'être à un chapelier la connaissance de la moyenne des mesures de tous les chapeaux vendus par lui. S'il prenait cette moyenne pour guide lorsqu'il veut renouveler son assortiment, les chapeaux ainsi fabriqués ne pourraient servir qu'à un nombre d'individus tout à fait restreint.

Supposons maintenant, qu'au lieu de comparer ces valeurs si fictives qu'on nomme des moyennes, nous divisions par groupes ne contenant chacun que des valeurs très-rapprochées, les éléments qui ont servi à les former, et que, au lieu de faire porter nos comparaisons sur les moyennes, nous les fassions porter sur ces groupes; nous arriverons alors à des résultats fort différents. Soit par exemple, à comparer la capacité du crâne des diverses races humaines. Au lieu de réunir les grands crânes et les petits crânes que chaque race contient, puis de les additionner et d'en prendre la moyenne, nous les classerons par groupes de capacités déterminées, et rechercherons ensuite combien il existe dans chaque race de crânes de chaque groupe. Mettant ensemble, par exemple, les crânes de 1300 à 1400 centimètres cubes, ceux de 1400 à 1500 centimètres cubes, etc., et prenant ensuite le total de chacun de ces groupes, nous saurons combien de crânes de chacun d'eux, chaque race contient. N'y eut-il parmi les sujets examinés qu'un nombre tout à fait restreint de très-grands crânes ou de très-petits crânes, ce nombre sera mis immédiatement en évidence, alors que, dans le procédé des moyennes, il eût été effacé entièrement.

Le seul inconvénient du classement qui précède, c'est qu'il présente en dernière analyse plusieurs chiffres au lieu d'un seul, comme le font les moyennes : or, quand il s'agit de comparer un certain nombre d'éléments différents, par exemple, les crânes de diverses races, l'étude simultanée de plusieurs chiffres, devient difficile.

Pour remédier à cet inconvénient, j'ai imaginé, après avoir reconnu l'impossibilité d'utiliser les diverses méthodes graphiques en usage, un système de courbes dont j'ai longuement développé l'emploi dans un autre travail (1). Leur simple aspect indique immédiatement la composition des éléments qu'elles sont chargées d'exprimer, et permet de comparer ensemble des groupes fort différents, tels que la taille ou la capacité du crâne de diverses races. Elles expriment très-clairement le tant pour cent, d'objets classés suivant une certaine variable. Dans

(1) *Recherches anatomiques et mathématiques sur les lois des variations du volume du cerveau, et sur leurs relations avec l'intelligence.*

ce système, les abscisses étant équidistantes, les ordonnées expriment par leur hauteur, les valeurs, dont il s'agit de peindre les variations, et par leur écartement, le tant pour cent de ces variations.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur ces courbes, pour reconnaître qu'elles sont fort claires et d'une construction extrêmement facile. Afin de bien faire comprendre leur construction je choisirai un exemple. Soit à traduire en langage graphique les variations qu'on observe dans le volume des crânes masculins des Parisiens modernes (fig. 9).

Ces variations sont exprimés numériquemennt par le tableau suivant :

Capacité cranienne.	Tant pour cent de chaque capacité.
1300 à 1400	10,4
1400 à 1500	14,3
1500 à 1600	46,7
1600 à 1700	16.9
1700 à 1800	6,5
1800 à 1900	5,2
	100,0

L'axe des abscisses est d'abord divisé en 100 parties, divisions qui se trouvent toutes faites en employant du papier quadrillé au millimètre, qu'on trouve partout; l'axe des ordonnées est divisé également en parties équidistantes, assez nombreuses pour comprendre toutes les variations observées, soit dans le cas précédent de 1300 à 1900 centimètres cubes.

Les ordonnées qu'on élève sur l'axe des abscisses doivent, comme je l'ai dit, en définissant ces courbes, exprimer par leur hauteur les valeurs dont il s'agit de peindre les variations, et, par leur écart, la proportion centésimale de ces variations. En d'autres termes, les ordonnées doivent correspondre par leur hauteur aux chiffres de la première colonne du tableau qui précède, et, par leur écartement à ceux de la dernière. Dans l'exemple qui précède, la première ordonnée se trouvera donc à $10^{mm},4$ du 0, la deuxième, à $14^{mm},3$ de la précédente, et par conséquent à $10,4 + 14,3 = 24^{mm},7$ du 0 ; la troisième à $46^{mm},7$ de la précédente, c'est-à-dire à $10,4 + 14,3 + 46,7 = 71^{mm},4$ du 0, etc. La position de chaque ordonnée dépend donc, comme on le voit, de celle qui la précède, et toutes les ordonnées ont par conséquent, une étroite dépendance entre elles. Leur hauteur est naturellement limitée par les abscisses tirées au niveau des chiffres écrits sur l'axe vertical. Les trois précédentes s'arrêteront donc au niveau des lignes horizontales qui partent des chiffres 1300, 1400 et 1500. En faisant usage, comme je l'ai indiqué plus haut, de papier quadrillé au millimètre, les ordonnées et les abscisses se trouvent toutes tracées d'avance L'opération se borne donc à marquer à l'encre sur l'axe des abscisses le nombre de millimètres qui doit exister entre chaque ordonnée, et à pointer sur l'ordonnée qui se trouve au-dessus de cette marque, sa hauteur. Les points sont ensuite réunis par une ligne continue, et l'opération est terminée.

Les autres courbes tracées sur le même tableau, c'est-à-dire les volumes du crâne des Parisiens du XIIe siècle, des anciens Égyptiens, des Nègres et des Australiens ont été tracées suivant les mêmes principes. Elles permettent des comparaisons qui ne seraient possible avec aucune autre méthode.

La description qui précède est beaucoup plus longue que l'opération elle-même. Quand on l'aura exécutée une seule fois, on reconnaîtra immédiatement sa simplicité extrême.

Qu'il s'agisse de volumes de crânes, de tailles, de mortalité, etc., la construc-

tion est identique. Sur l'axe des ordonnées, on écrit des chiffres correspondant aux volumes, tailles, âges, qu'il s'agit d'exprimer ; l'axe des abscisses est toujours divisé en 100 parties, et les ordonnées ont un écart proportionnel à l'importance du groupe qu'elles représentent, c'est-à-dire au chiffre indiquant en centièmes dans quelle proportion entre dans le total le groupe dont la valeur doit être exprimée.

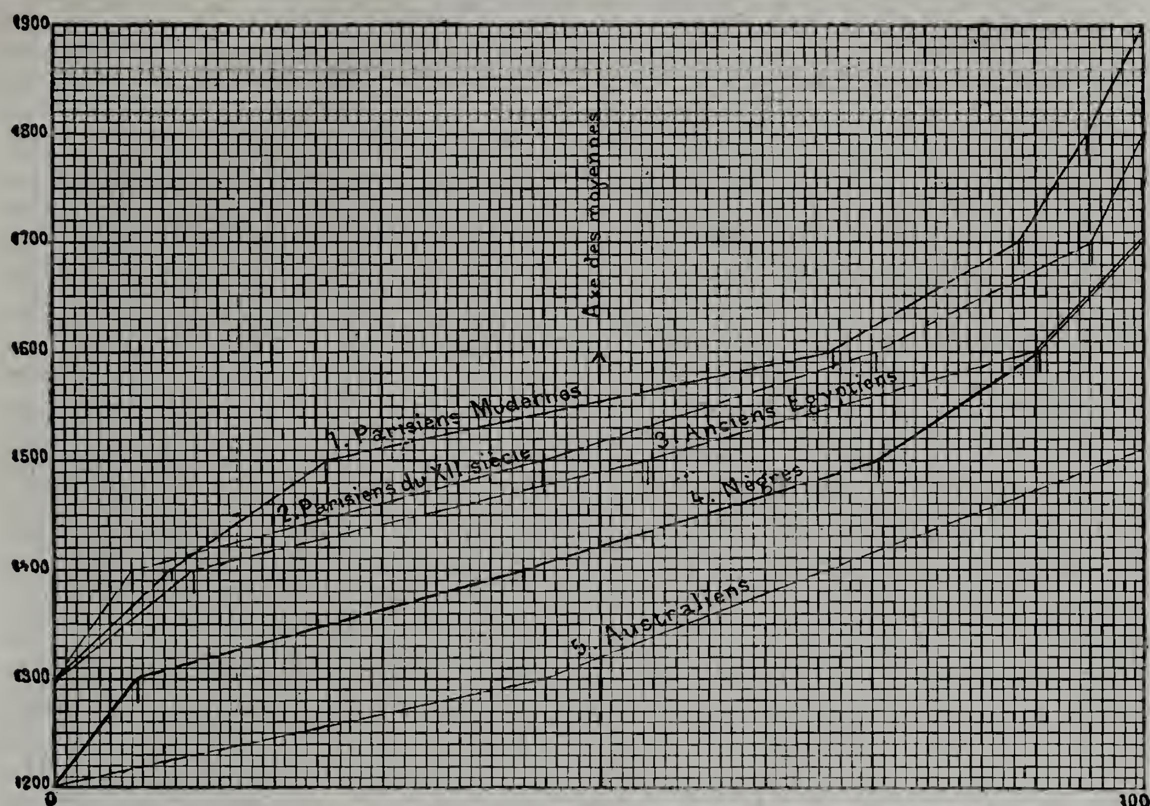


Fig. 9. — *Expression graphique des variations du volume du crâne dans les races humaines (courbes des séries du Dr Gustave Le Bon).*

L'échelle placée du côté gauche est l'échelle des volumes de 1200 à 1900 centimètres cubes. 1 millimètre = 10 centimètres cubes; 1 centimètre = 100 centimètres cubes.

Il suffit de compter combien de millimètres sont compris horizontalement entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales correspondant au niveau des chiffres écrits en marge pour savoir combien, sur 100 sujets, il y en a d'une capacité crânienne donnée. Soit, par exemple, à savoir combien sur 100 crânes de Parisiens modernes il y a de crânes de 1800 à 1900 centimètres cubes. On voit immédiatement qu'entre les points où la courbe coupe les deux horizontales correspondant aux chiffres 1800 et 1900, il y a 5mm,2. Ce nombre représente le chiffre cherché (5,2 %).

J'ai appliqué, comme on peut le voir par la figure 10, ce système de courbes à un grand nombre de faits statistiques tels, par exemple, que la distribution par âge de la population française, le penchant au crime, suivant les âges, la taille des nouveau-nés, la taille des adultes en France, etc. Plusieurs de ces courbes ont figuré à l'Exposition dans la section des sciences anthropologiques. Leur régularité est remarquable, et quelques-unes d'entre elles peuvent, comme je l'ai montré ailleurs, être exprimées par une équation analytique très-simple.

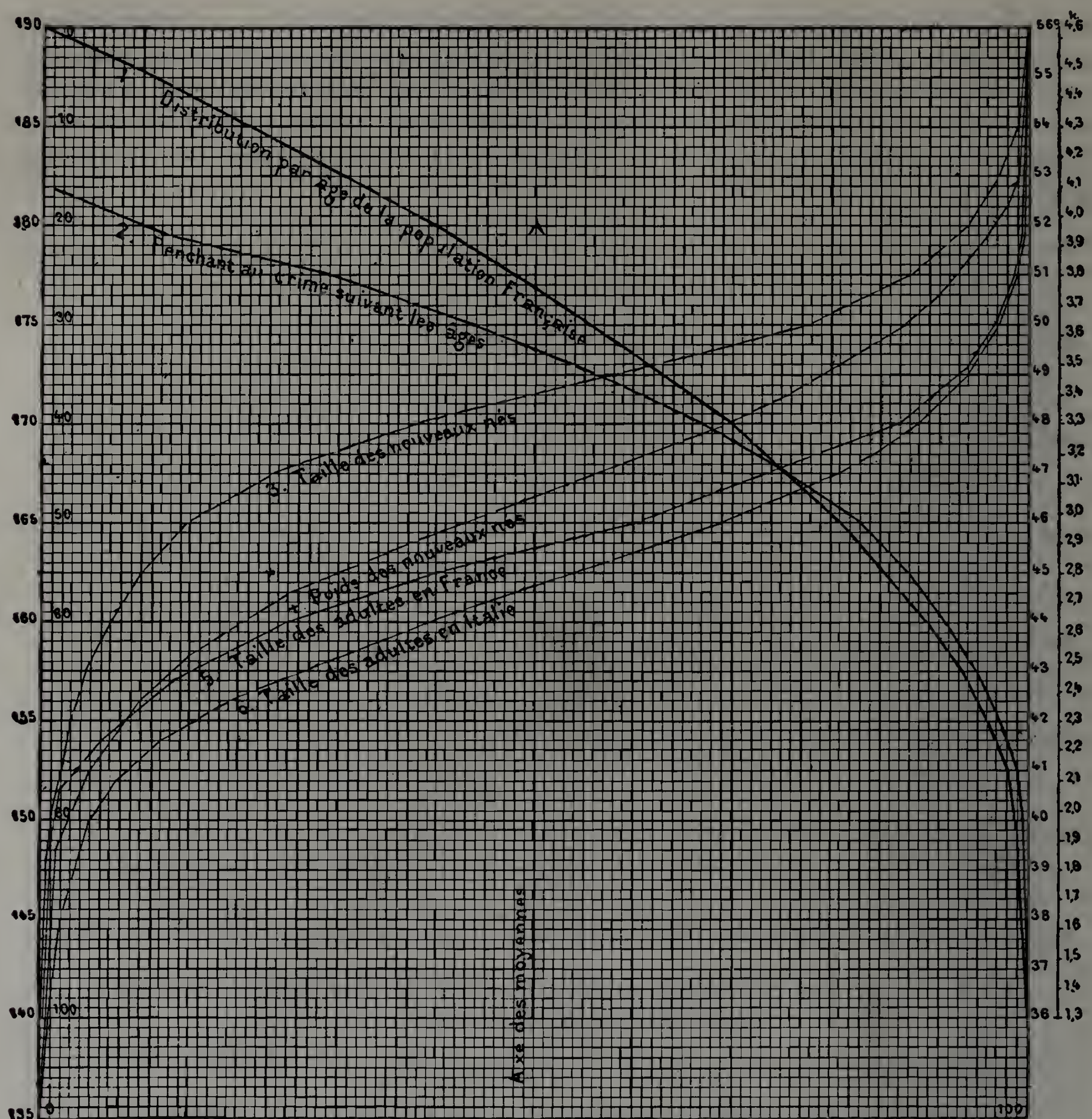


Fig. 10. — *Expression graphique de divers phénomènes statistiques, suivant la méthode graphique du Dr Gustave Le Bon.*

Courbe no 1. Distribution par âge de la population française. — Courbe no 2. Penchant au crime suivant les âges. — Courbe no 3. Taille des nouveau-nés. — Courbe no 4. Poids des nouveau-nés. — Courbe no 5. Taille des adultes en France. — Courbe no 6. Taille des adultes en Italie.

La première échelle du côté gauche (en dehors) est l'échelle de la taille de 135 à 190 centimètres. Dans cette échelle, 2 millimètres = 1 centimètre. La deuxième échelle du côté gauche est l'échelle des années pour la distribution de la population et le penchant au crime. Elle va de 0 à 100. 1 millimètre = 1 année. La première échelle du côté droit (en dedans) est l'échelle de la taille des nouveau-nés de 36 à 56 centimètres. 1 millimètre = 1 centimètre. La deuxième échelle du côté droit est l'échelle du poids des nouveau-nés en kilogrammes et hectogrammes de 1k,3 à 4k,6. — 3 millimètres = 100 grammes.

L'écartement des ordonnées étant proportionnel dans nos courbes aux variations du phénomène observé, il suffit pour savoir combien il y a, par exemple, sur 100 nouveau-nés de sujets d'une taille donnée, de compter le nombre de millimètres horizontalement compris entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales correspondant aux chiffres de l'échelle indiquant cette taille. Soit, je suppose, à rechercher combien il y a, sur 100 nouveau-nés, de sujets de 51 à 52 centimètres de taille, il suffit de compter combien il y a horizontalement de millimètres entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales correspondant aux chiffres 51 et 52. Les 6 millimètres existant entre les deux points représentent le chiffre cherché. Sur 100 nouveau-nés, il y en a donc 6 dont la taille est comprise entre 51 et 52 centimètres.

La ligne verticale marquée en noir exactement au milieu de la planche et sur laquelle est écrit *axe des moyennes*, coupe chaque courbe en un point qui jouit de la propriété de représenter exactement la *moyenne* des chiffres dont chaque courbe donne le détail, à la simple condition que la série sur laquelle on opère soit suffisamment nombreuse. Le chiffre donné, par exemple, pour la taille moyenne en France et en Italie, d'après les documents statistiques, est de 164 centimètres pour le premier pays et 162 centimètres pour le second. C'est précisément celui qu'indique nos courbes avec une erreur d'environ 2 millimètres, c'est-à-dire négligeable entièrement. En se rendant compte de la construction de la courbe, on comprendra facilement que le point où elle coupe l'axe des moyennes ne peut pas être modifié par la volonté de l'opérateur.

III. — DIAGRAMMES A ORDONNÉES EN COLONNES.

Application des diagrammes à colonnes à la représentation de divers phénomènes statistiques, industriels et sociaux. — Les diagrammes à colonnes, peuvent être placés parmi les plus clairs et les plus expressifs dont on fasse usage. On les emploie surtout en statistique et lorsqu'on veut en outre peindre

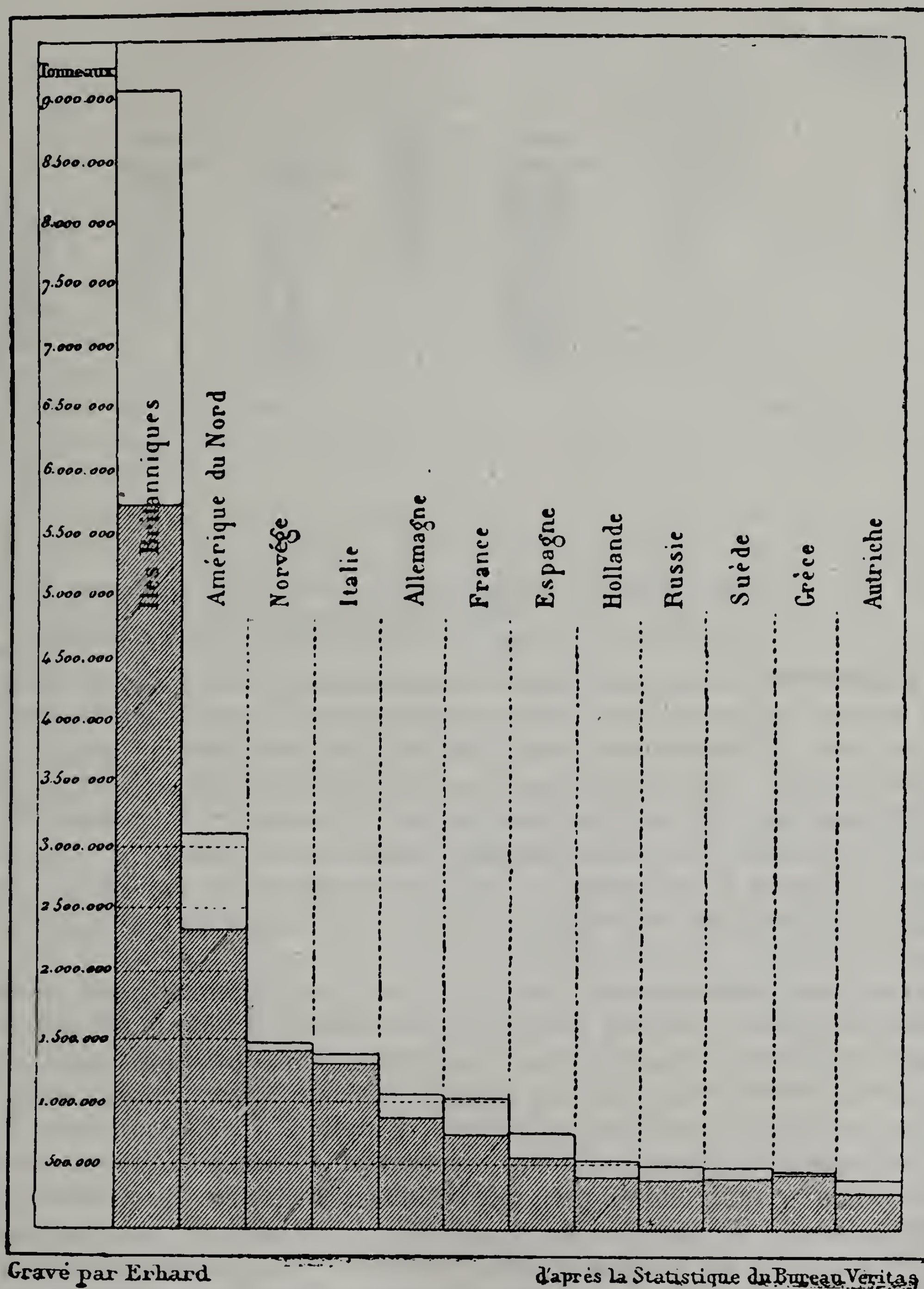


Fig. 11. — *Expression graphique de la puissance maritime des diverses nations du monde.*

aux yeux que les ordonnées sont des moyennes établies sur une certaine durée. L'évaluation de leurs surfaces permet de mesurer avec précision l'intensité des phénomènes qu'ils expriment.

Les diagrammes à colonnes sont également d'un emploi fort ancien. Dans

l'ouvrage que j'ai déjà cité, publié par Playfair en 1787, il en est fait plusieurs fois usage.

Un des meilleurs exemples propres à mettre en évidence l'importance des diagrammes à colonnes, est celui que j'emprunte à l'excellente géographie de E. Reclus, destiné à faire connaître l'importance relative du tonnage de divers puissances maritimes du monde (fig. 11). La partie recouverte de hachures représente le tonnage de la marine à voile; celle restée blanche, le tonnage de la marine à vapeur. Aucun chiffre ne saurait exprimer aussi clairement l'insignifiance de notre marine comparée à celle de l'Angleterre.

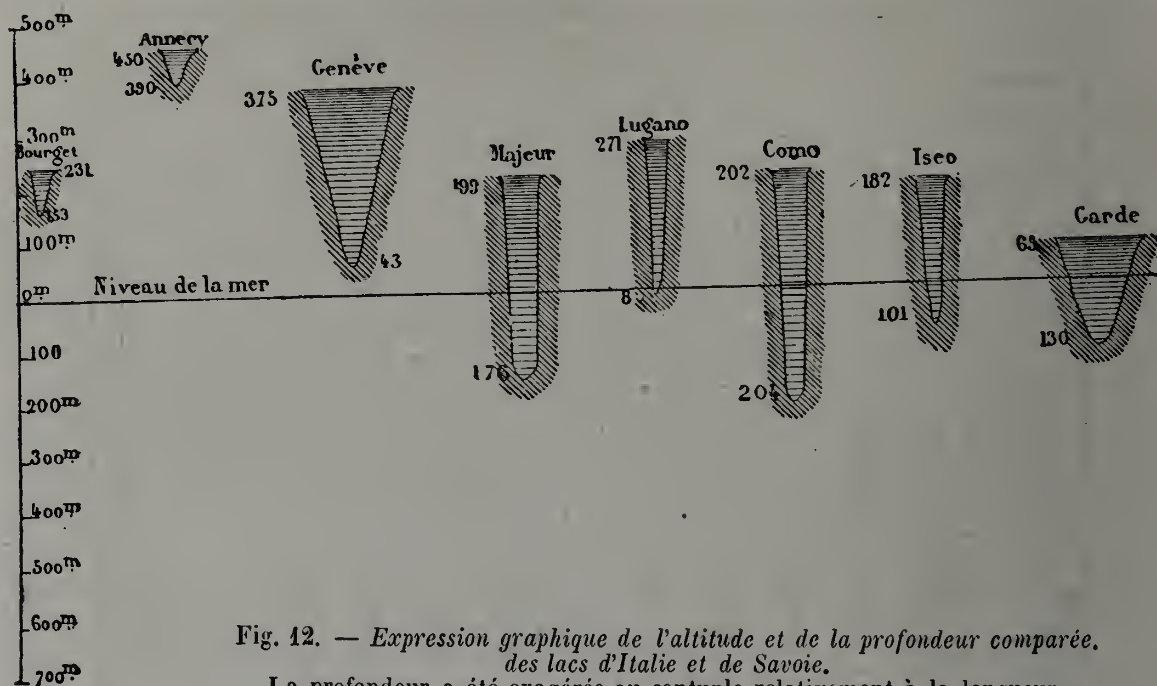


Fig. 12. — *Expression graphique de l'altitude et de la profondeur comparée. des lacs d'Italie et de Savoie.*
La profondeur a été exagérée au centuple relativement à la longueur.

Les diagrammes à colonnes permettent, comme on le voit par celui de la fig. 11, de mettre dans chaque colonne plusieurs indications distinctes. Si on veut, par exemple, représenter par la hauteur des colonnes, la production en fer d'une province, cette colonne peut se subdiviser en diverses parties plus ou moins teintées, proportionnelles chacune par leur hauteur à la quantité de fonte, acier, tôle, rails, dont l'ensemble forme la production totale du fer. S'il s'agit d'une colonne exprimant la mortalité, on peut la subdiviser en une série d'années, exprimant chacune par sa hauteur le nombre de morts dus à telle ou telle maladie.

Il arrive quelquefois qu'au lieu de donner aux colonnes une même largeur, on rende cette largeur variable. Ce moyen a été employé par Minart, pour exprimer le degré d'activité des transports sur les différents tronçons d'une ligne de chemins de fer. L'axe des abscisses est divisé en longueurs proportionnelles aux divers tronçons qu'il s'agit d'étudier. L'axe des ordonnées est divisé en parties représentant chacune une certaine quantité de tonnes de marchandises. A une hauteur indiquée par l'étude des chiffres du trafic, on trace un trait horizontal qui représente le nombre de tonnes de marchandises qui s'échange d'un bout de la ligne à l'autre, et qui est naturellement sans influence sur le trafic intermédiaire. La surface de chaque rectangle au-dessus de cette ligne fait connaître la quantité de marchandises qui a circulé dans chaque tronçon. Les diagrammes à colonnes peuvent subir du reste d'autres modifications, comme on le voit dans la fig. 12.

Parmi les divers diagrammes à colonnes figurant à l'Exposition ceux qui formaient l'ensemble le plus complet étaient exposés par la Hongrie, et il serait à

désirer qu'ils fussent reproduits à une petite échelle, afin de pouvoir être étudiés comme modèles par toutes les personnes qui s'occupent de statistique, les employés de nos Ministères notamment. Je vais mentionner les plus intéressants d'entre eux, tout en regrettant que le défaut d'espace m'empêche de les décrire d'une façon plus complète.

Le trafic des chemins de fer était représenté par une série de colonnes parallèles, indiquant chacune par leur hauteur le nombre de tonnes transportées par année de façon à permettre de pouvoir d'un simple coup d'œil établir la comparaison entre plusieurs années. Chaque colonne était elle-même divisée en plusieurs sections diversement coloriées, indiquant chacune par leur importance relative, la proportion des divers produits transportés. Dans la production du fer par exemple, chaque colonne indiquait par sa hauteur, la production totale, et par sa division en sections, diversement coloriées, la quantité de tôle, acier, rails, etc., qui contribuait à former la production totale.

La production des forêts, mines, usines, etc., était exprimée d'une manière analogue. Au lieu d'avoir une colonne par année, on réunissait quelquefois trois années dans une même colonne, subdivisée en trois parties de hauteurs différentes.

Des tableaux construits sur les mêmes principes indiquaient les produits de la distillation de 100 kilogrammes de houille : pétrole, benzine, etc.; ceux de la mouture de 100 kilogrammes de blé, etc. D'autres indiquaient l'état social du pays par des colonnes contenant chacune trois années, et représentant par leur hauteur le mombre d'établissements hospitaliers, d'instituteurs, de médecins, etc., de chaque pays.

Les diagrammes à colonnes étaient les plus répandus dans cette très-intéressante exposition de la Hongrie, mais ils n'étaient pas les seuls. Certaines productions minérales étaient exprimées sous forme de courbes continues analogues à celles décrites dans le précédent paragraphe. Dans l'un des tableaux exposés, des courbes de trois couleurs se superposaient très-clairement; on y lisait en légende que un centimètre sur l'axe des ordonnées indiquait 1000 kilogrammes, pour la courbe noire; 100 florins pour la courbe bleue; 100 kreuzers pour la courbe rouge. Les divisions de l'axe des abscisses représentaient des années.

Tous ces documents précieux ne paraissent pas avoir été de la part du public savant, l'objet de toute l'attention qu'ils méritaient. Je les recommande comme modèles très-précieux, aux personnes qui dirigent le service de la statistique, de notre Ministère du commerce.

On peut rattacher aux diagrammes à colonnes un très-ingénieux procédé que j'ai vu fréquemment employer dans l'exposition de l'Instruction publique de la Russie, pour traduire nettement aux yeux certains faits. Les pertes journalières en eau, matières azotées, sels, etc., d'un individu, et par conséquent la proportion correspondante d'aliments nécessaires pour réparer ses forces étaient représentées par des flacons cylindriques d'égales dimensions contenant chacun une proportion d'eau, de matières azotées, de sels, etc., correspondant exactement à ces pertes. La composition du corps humain, celle de divers produits chimiques, les matériaux qu'on retire de certaines matières industrielles, comme la houille, étaient exprimées d'une façon analogue. Tout ce qui regardait du reste les méthodes d'enseignement dans l'exposition russe, était fort remarquable, et si on peut préjuger des progrès à venir par ceux accomplis, on peut prévoir le jour où la Russie se trouvera au premier rang, pour le choix intelligent des procédés techniques d'éducation. Il serait à souhaiter que des nations qui se placent volontiers à la tête de la civilisation comprissent aussi bien l'importance des méthodes d'enseignement.

Je ne terminerai pas ce qui concerne l'emploi des diagrammes à colonnes,

sans signaler l'usage qu'en a fait M. le Dr Bertillon, dans son exposition spéciale de démographie. Ce distingué et laborieux confrère a réuni à lui seul depuis 20 ans autant de renseignements qu'aurait pu le faire une véritable armée d'employés, et constaté un grand nombre de faits importants S'il voulait renoncer à certains procédés graphiques qui manquent tout à fait de clarté, ses travaux importants se vulgariseraient sûrement davantage.

IV. — DIAGRAMMES A COORDONNÉES POLAIRES.

Représentation de divers phénomènes météorologiques et statistiques, (fig. 13). — Dans les diagrammes à coordonnées polaires, les ordonnées, au lieu d'être parallèles convergent toutes vers un même point. Ce système de représentation graphique n'a pas la précision du précédent, mais il occupe moins de place et pourrait être difficilement remplacé du reste dans certains cas, comme par exemple, lorsqu'il s'agit d'exprimer l'intensité relative des vents, suivant les différents azimuts de l'horizon.

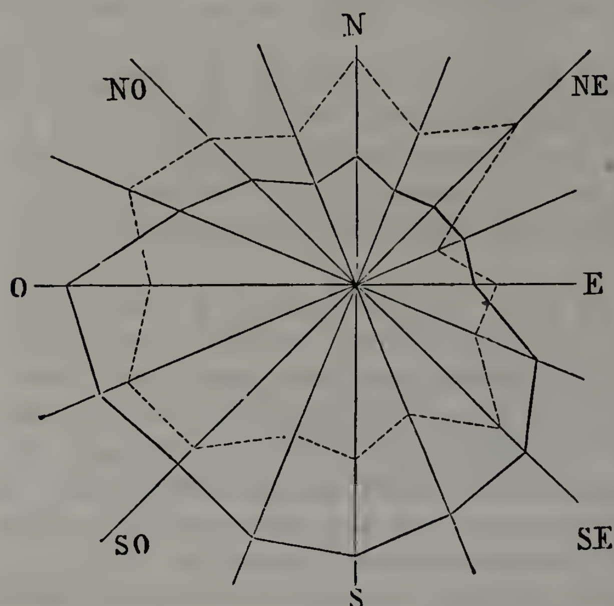


Fig. 13. — *Expression graphique, au moyen de coordonnées polaires, de la quantité d'ozone et d'ammoniaque contenue dans l'air suivant la direction du vent.* Le trait plein correspond à l'ozone; le trait ponctué à l'ammoniaque. Toutes les fois que le vent se tourne vers la région ouest et sud, l'ozone devient abondant. Quand il tourne vers le nord, l'ozone diminue ou disparaît.

On a fait parfois usage de diagrammes polaires pour exprimer divers phénomènes statistiques tels, par exemple, que les recettes hebdomadaires des chemins de fer. On a ainsi publié il y a plusieurs années des diagrammes des recettes du chemin de fer de l'Ouest, composés d'un cercle divisé en 52 parties, représentant chacune une semaine. Du centre de ce cercle, partaient des rayons dont la longueur exprimait la recette de chaque semaine, à raison de 1 millimètre pour 20,000 francs. Les extrémités de ces rayons étaient réunies par une courbe continue. La Belgique a adopté cette méthode pour la statistique comparative de ses provinces. Chacune occupe un secteur contenant plusieurs couleurs différentes, exprimant chacune un fait différent. La Chambre de Commerce de Marseille, avait représenté à l'Exposition le tonnage des divers pays, par un anneau divisé en arcs dont la longueur mesurée par la circonférence extérieure indiquait dans quelle proportion la nation considérée, entrait dans le tonnage total.

Le plus souvent, on préfère diviser le cercle en secteurs, dont les ouvertures angulaires sont proportionnelles à l'importance des éléments qu'il s'agit de représenter, ou, suivant le procédé indiqué plus haut, prendre à partir du centre sur les rayons prolongés des longueurs proportionnelles à l'importance des grandeurs à exprimer, et en relier les extrémités par une ligne continue. Leurs espaces angulaires peuvent pour plus de clarté être recouverts de teintes variées. Il ne faut pas oublier pour éviter toute erreur dans l'interprétation de ces graphiques, que les aires croissent beaucoup plus vite que la longueur des rayons.

Je crois que ce mode de représentation qui ne permet pas de convertir sans

calcul les éléments des diagrammes en chiffres, comme le permettent facilement les autres méthodes, doit être réservé pour les cas, où il s'agit comme en météorologie, d'exprimer les variations d'intensité d'un phénomène qui peut s'accomplir dans toutes les directions. Telles sont les courbes de la fréquence et de la direction des vents, celles de la direction des étoiles filantes, etc. Si l'on veut, par exemple, exprimer l'intensité des vents qui, pendant une année ont soufflé dans diverses directions, on porte sur chacun des rayons vecteurs exprimant une direction du vent, une longueur proportionnelle à l'intensité avec laquelle le vent a soufflé dans cette direction, et on réunit les sommets de tous ces rayons par une ligne. Si on veut exprimer quels sont les vents qui soufflent le plus habituellement dans une localité, on porte sur chaque rayon vecteur une longueur proportionnelle au nombre de jours pendant lesquels le vent a soufflé dans chaque direction.

V. — DIAGRAMMES A COURBES D'ÉGAL ÉLÉMENT.

Représentation graphique du relief du sol. — Les courbes d'égal élément dont on fait aujourd'hui un grand usage, en météorologie, et quelquefois en statistique, ont d'abord été appliquées à l'expression du relief du sol. Imaginées il y a plus de cent ans, elles n'ont guère été employées dans la construction des cartes qu'au commencement de ce siècle. Désignées en topographie sous le nom de courbes de niveau, elles servent à déterminer nettement l'altitude des différents points du sol dont la position est indiquée par la longitude et la latitude.

Les courbes de niveau constituent certainement une des plus ingénieuses applications de la méthode graphique. Elles représentent, comme on le sait, les courbes qu'on obtiendrait en coupant un relief par une série de plans horizontaux, équidistants et parallèles, et suivant avec un crayon le contour de chaque section. On comprend très-bien leur principe en regardant de haut en bas un solide plongé dans un vase plein d'eau, toutes les fois qu'on a laissé s'écouler une couche de liquide d'une épaisseur déterminée, un centimètre par exemple. Chaque nouvel écoulement de liquide fait varier l'aspect de la ligne de contact de l'eau et du solide. C'est cette ligne de contact qui constitue la courbe de niveau du relief en ce point. En dessinant la courbe nouvelle qui se produit à chaque écoulement d'eau, on aura le moyen de reconstituer un profil vertical quelconque de ce solide, ou la copie de ce relief lui-même.

Le profil suivant une direction quelconque s'obtient en abaissant des points où l'axe marquant cette direction coupe les courbes de niveau, des perpendiculaires sur des lignes équidistantes dont l'intervalle représente la hauteur verticale constante existant entre chaque courbe, d'après l'échelle employée. Les intersections de ces perpendiculaires avec les lignes horizontales étant réunies par un trait on obtient le profil cherché.

Pour obtenir avec les courbes de niveau, un relief qui soit la copie exacte, mais plus ou moins réduite, de l'original représenté par les courbes, il suffit de décalquer ces courbes sur du carton, dont l'épaisseur soit égale à l'équidistance des courbes. En les superposant dans l'ordre où elles ont été prises, le solide se trouve reconstitué. C'est du reste, par une méthode analogue que s'obtiennent les plans en relief qu'on voit aujourd'hui partout, et dont plusieurs ont figuré à l'Exposition dans la section de géographie. Rien n'est plus facile que de les construire avec une carte topographique sur laquelle les courbes de niveau sont marquées.

Les cartes topographiques avec courbes de niveau sont aujourd'hui à peu près les seules employées par les divers états-majors étrangers, l'état-major allemand notamment. En France, on fait encore usage du système des hachures qui passe parmi beaucoup de gens du métier pour le plus mauvais de tous les moyens qu'on puisse employer pour définir le relief d'un terrain. Il est à peu près impossible avec ce système de reconnaître les points par où doivent passer les courbes de niveau, partant de voir quel est le profil du terrain dans une direction donnée, ce qui ôte à la carte la plus grande partie de son utilité. L'ingénieur qui veut en l'étudiant, se rendre compte de la possibilité de tracer une route dans une région déterminée, l'officier qui veut savoir si son artillerie et son matériel pourront passer par tel ou tel point, ont absolument besoin de connaître avec précision le profil du terrain dans toutes ses directions.

Représentation de certains phénomènes météorologiques au moyen de courbes de niveau. — Le météorologiste et le statisticien ont emprunté à la topographie les courbes d'égal élément. Elles permettent d'indiquer très-clairement en effet, les points d'une contrée où la pression, la température, etc., sont identiques. Plusieurs journaux étrangers publient aujourd'hui des cartes de l'Europe, ou sont indiqués par des courbes d'égal élément, les points où la pression atmosphérique est égale.

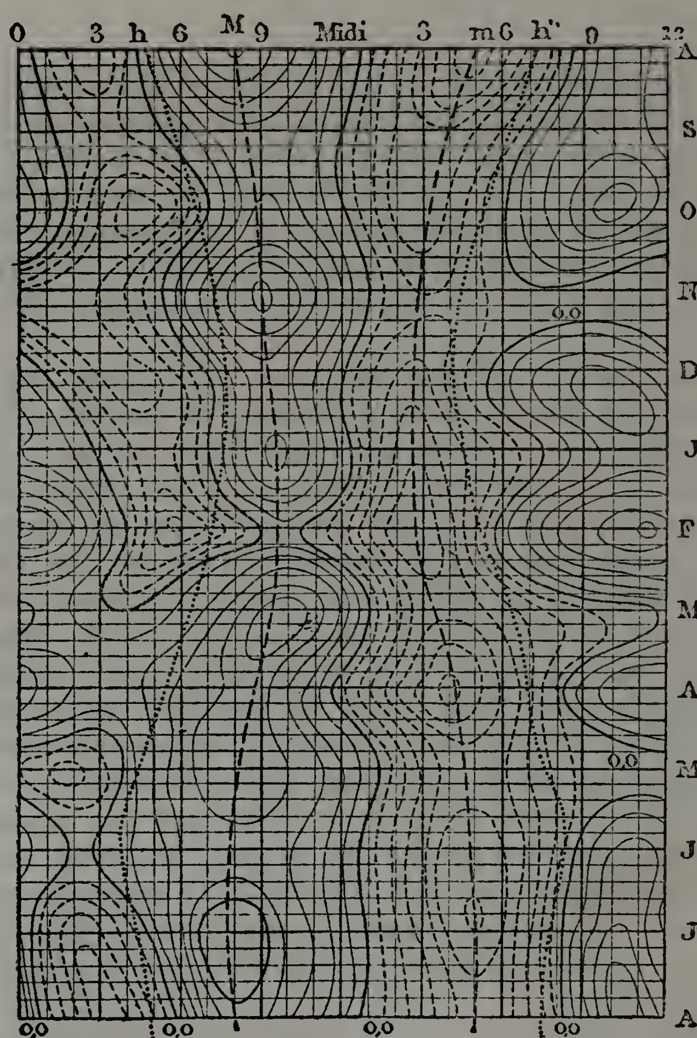


Fig. 14.

Fig. 14. — *Expression graphique au moyen de courbes de niveau des variations horaires du baromètre (observatoire de Montsouris).*

Les numéros en haut de la figure représentent des heures, les lettres inscrites verticalement à droite représentent des mois (du mois d'août d'une année au mois d'août de l'année suivante). Pour tracer ces courbes, on a cherché dans les douze mois les heures pour lesquelles l'écart barométrique est le même, et ces heures ont été reliées ensuite par une ligne courbe pleine si l'écart est en plus, pointillée si l'écart est en moins. Les deux lignes pointillées fortes qui traversent la figure de haut en bas passent l'une MM par tous les maxima du matin, l'autre *mm* par tous les minima de l'après-midi. Les lignes pointillées *hh*, *hh'* passent par les heures du lever et du coucher du soleil. La symétrie de ces deux groupes montre que l'oscillation barométrique diurne est liée à la marche du soleil.

On a fait également usage des courbes d'égal élément pour représenter à la surface du globe les contrées où la température moyenne de l'année est la même (lignes isothermes), celles où la température de l'été est égale (lignes isothères), celles où la température est identique pendant l'hiver (lignes isochimènes).

Les courbes de niveau sont employées également pour exprimer la hauteur

de la marée à chaque heure des différents jours du mois dans un port. Une des variables, les heures, est prise comme abcisse, une seconde, les jours, comme ordonnée. Chaque ligne horizontale, représentant un jour déterminé, se trouve divisée en 24 parties, correspondant elle-même à une des heures de la journée. Sur chaque ligne on inscrit les hauteurs observées au mareographe pour chaque heure. En réunissant par une ligne les points portant le même chiffre, on obtient les courbes d'égal niveau cherchées. On y voit de suite la hauteur de la marée à chaque heure des différents jours du mois, renseignements fort utiles pour les bâtiments de divers tonnages qui veulent entrer dans le port. Ces courbes se rapprochent beaucoup comme on le voit facilement des courbes de niveau topographiques. Ces dernières expriment les trois dimensions de l'espace, les premières traduisent également les relations de trois variables, seulement les coordonnées représentant deux dimensions de l'espace sont remplacées par deux mesures du temps, les jours et les heures.

Les variations thermométriques des différentes heures du jour, pendant chaque mois de l'année, peuvent également s'exprimer au moyen de courbes de niveau. On y lit la température moyenne de chaque heure du jour pendant chaque mois de l'année et on y voit de suite à quelles heures correspondant le maximum et le minimum de chaque jour pendant les divers mois. On en trouvera des exemples dans l'annuaire de l'Observatoire de Montsouris.

Représentation de phénomènes statistiques, au moyen de courbes de niveau. — MM. les ingénieurs Lalanne et Vauthier ont appliqué la méthode qui précède à l'expression des divers phénomènes statistiques, notamment la densité de la population d'une ville et d'un pays. On fait passer chaque courbe de niveau par les divers points où la population présente la même densité par unité de surface l'hectare par exemple. M. Vauthier a ainsi dressé une carte de la population de Paris, qui a figuré à l'Exposition.

Les applications de la méthode consistant à exprimer les variations des phénomènes au moyen de courbes de niveau sont, comme on le voit, nombreuses. J'en ai fait connaître une nouvelle permettant de copier en relief un corps solide que j'indiquerai dans le chapitre consacré aux application mécaniques de la méthode graphique.

VI. — DIAGRAMMES-CARTES.

Représentation des divers phénomènes statistiques et historiques au moyen de diagrammes-cartes, à surfaces variables, fig. 15, 16, 17, 18 et 19. — Ces diagrammes ont été imaginés par Belpaire en Belgique et Minard en France. Ils sont extrêmement clairs, mais ne peuvent pas toujours être facilement transformés en chiffres. Leur construction est des plus simples. Soit par exemple, à représenter les variations du trafic sur les diverses voies de transport d'un pays, et sur les diverses sections de chaque voie. Il suffit de tracer sur la carte où se trouvent figurées ces voies, et au-dessus de chacune d'elles, une bande, dont la largeur soit en chaque point proportionnelle au nombre de tonnes passant par ce point. L'opération terminée la voie se trouve représentée par une sorte de fleuve dont la largeur est proportionnelle au nombre de milliers de voyageurs ou de tonnes de marchandises qui passent par chaque point en un temps donné. Dans une des cartes dressées par Minard, la largeur des zones représente le nombre de voyageurs à raison de un demi-millimètre pour 1000

voyageurs dans l'année. La Russie avait envoyé à l'Exposition un grand nombre de cartes très-remarquables construites sur ce principe et fort supérieures à ce qui a été fait ailleurs. Le ministère des Travaux publics français avait également exposé trois cartes construites d'après cette méthode faisant connaître le tonnage sur les chemins de fer, routes, rivières et canaux.

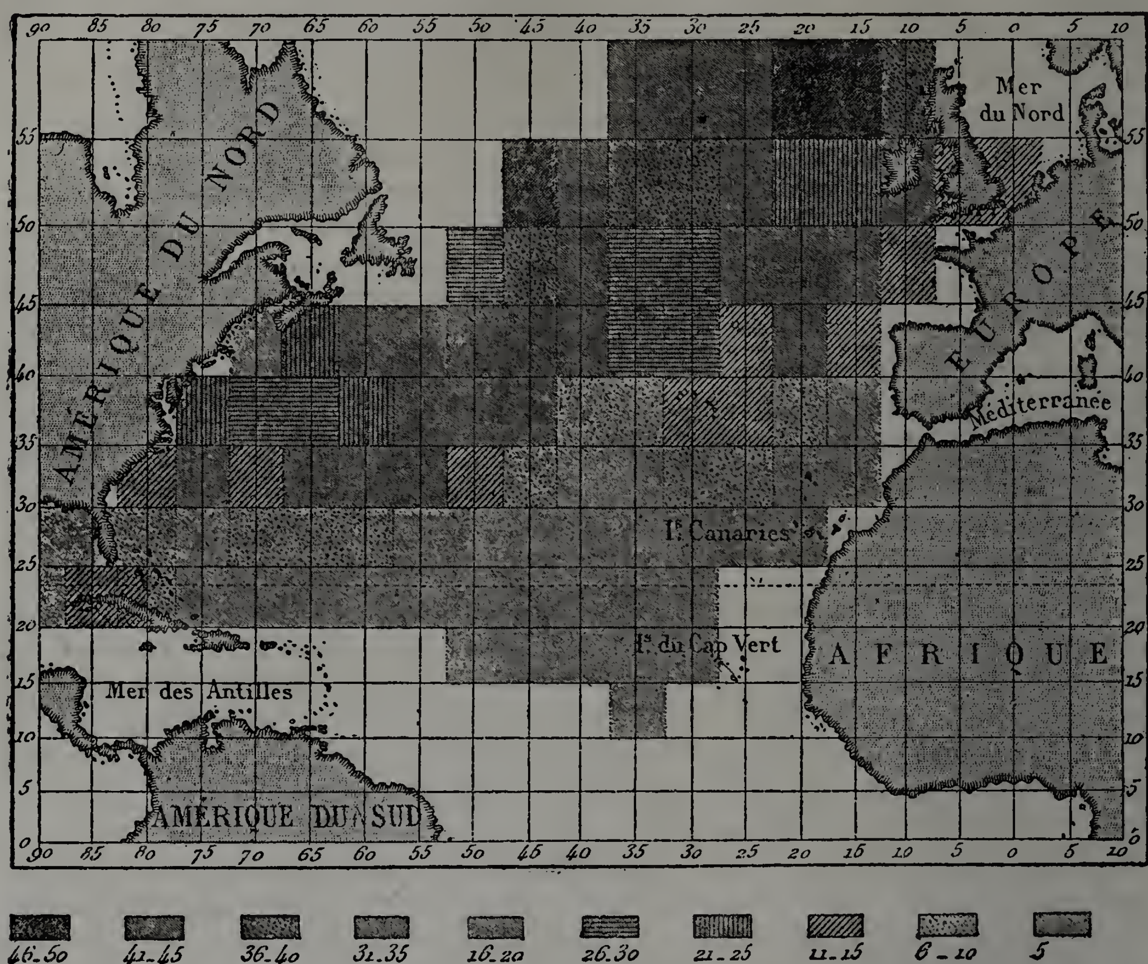


Fig. 15 (1). — *Expression graphique de la fréquence des tempêtes de l'Atlantique boréal en décembre, janvier et février, d'après M. Buys Ballot (géographie Reclus).*
Chaque rectangle indique par une teinte différente le nombre des tempêtes qui sévissent dans les régions les plus fréquentées de l'Atlantique boréal.

Un des plus remarquables cartogrammes existant aujourd'hui est celui construit autrefois par Minard, et destiné à représenter les pertes de l'armée française dans la campagne de Russie de 1812. Il constitue la plus concise, la plus éloquente et la plus instructive des pages d'histoire que je connaisse. L'armée française, au moment où elle franchit le Niémen, est représentée par un ruban qui va en décroissant toujours dans la proportion des pertes qu'elle subit. La large bande du départ n'est plus qu'un mince filet au retour. Ce tableau montre de suite combien sont erronnées les idées qu'on se fait souvent de cette campagne, lorsqu'on répète que ce sont les froids et la neige qui ont anéanti la grande armée. La vérité est que plus des trois quarts était détruite avant que la retraite ait commencé. Des 422,000 hommes qui franchirent le Niémen, et dont 10,000 à peine devaient le revoir, 322,000 hommes étaient morts avant d'arriver à Moscou, et, quand les grands froids commencèrent, des 100,000

(1) Cette figure et les quatres suivantes sont extraites de l'excellent ouvrage de M. Reclus que publie actuellement la maison Hachette.

repartis de Moscou, il en restait à peine la moitié. Le froid n'eut donc à sévir que sur des débris, et sans son action la campagne n'en fut pas moins restée un des plus gigantesques désastres des temps modernes.

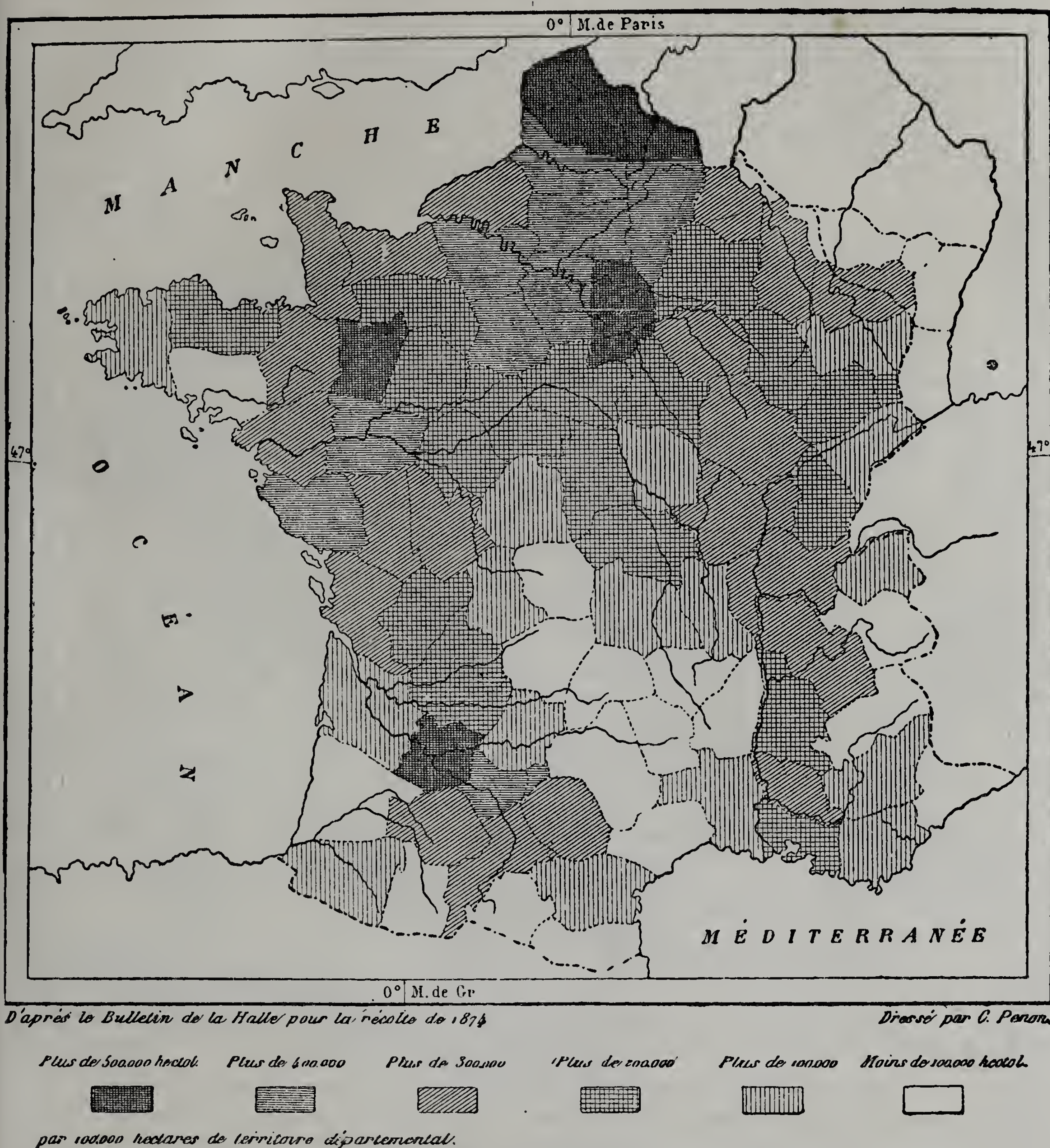


Fig. 16. — *Expression graphique de la récolte du froment en France dans chaque département.*

Les diagrammes-cartes à surfaces plus ou moins teintées suivant l'intensité des phénomènes dont il s'agit de peindre les variations sont un des modes d'expression graphique le plus répandus en France. Il faut bien reconnaître cependant que ce système constitue le moins clair et le moins expressif de tous ceux dont on puisse faire usage. Il n'a guère d'utilité que pour exprimer d'une façon pittoresque aux yeux des gens du monde, sur une carte très-réduite, comment se distribuent grossièrement divers faits statistiques : instruction, criminalité, etc., dans un pays. Aussitôt qu'on veut multiplier les détails et les teintes, on tombe dans une confusion telle que la lecture des chiffres devient très-supérieure comme clarté à

celle du graphique. Ce mode d'expression est du reste si peu précis, qu'on est généralement obligé d'écrire au milieu de chaque région teintée les chiffres qu'on cherchait à exprimer par l'intensité de la teinte ; par exemple, en cas de criminalité, combien dans tel ou tel département il se rencontre de criminels sur 1000 individus.

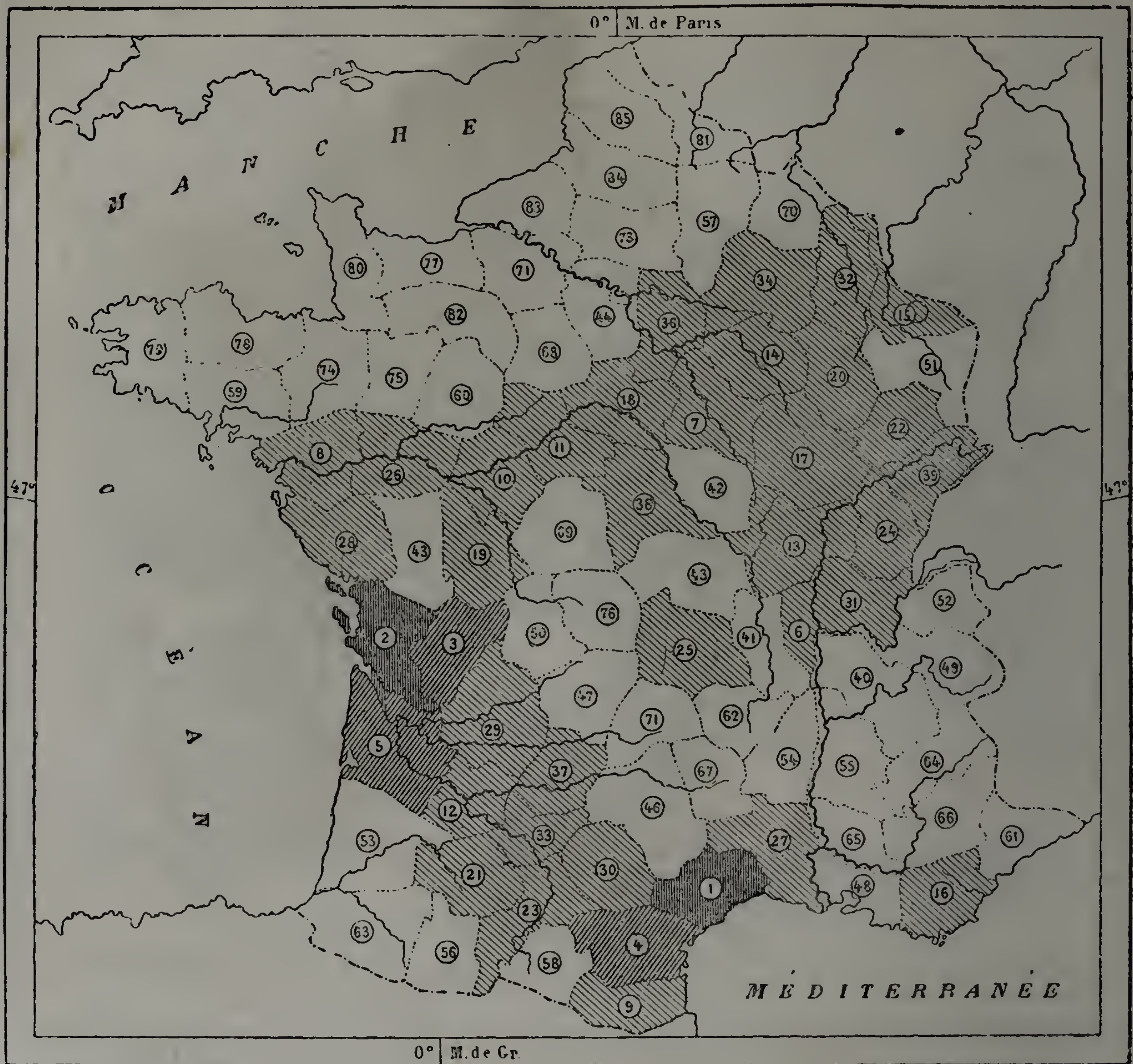


Fig. 17. — *Expression graphique de la production des vignobles en France.*

Département récoltant plus	d'un million d'hectolitres sur 100,000 hectares,		nos 1 à 2.
—	de 500,000	—	3 à 5.
—	de 100,000	—	6 à 39.
— au-dessous	de 100,000	—	40 et suivants.

La construction de ces cartes teintées est du reste fort simple, et c'est probablement cette simplicité même dispensant des études préalables que nécessitent les autres modes de représentation graphique qui en a répandu chez nous l'usage. On établit la moyenne d'un fait, mortalité, criminalité, etc., pour chaque division d'un pays, par département généralement, quoique ces divisions administratives soient bien fictives, et on donne à chacune une teinte plus ou moins intense, ou une coloration différente, à peu près en rapport avec l'intensité du phénomène. Ce mode de représentation a été étendu à un grand

nombre de phénomènes politiques et sociaux, comme la mortalité par département, la longévité relative, la répartition des langues, des infirmités, des maladies. La Société de statistique en avait exposé plusieurs dressés par les Drs Lunier, Chervin, Bertillon, etc.



50.000 tonnes de marchandises sont représentées par 1 millimètre — *Grande Navigation* — *Cabotage*

Fig. 18. — *Expression graphique des mouvements comparés des ports de France.*

Je préfère de beaucoup aux diagrammes qui précèdent ceux où un simple signe conventionnel, comme une coloration déterminée surmontée d'un chiffre, fait connaître la présence de tel ou tel fait sur un point déterminé du sol et son intensité. Ces cartes se confondent alors avec les cartes géologiques et topographiques dans lesquelles certaines teintes sur une région indiquent la présence de vignes, de prairies, de certains marais, etc., et un chiffre l'altitude de cette région. Les cartes ainsi construites sont fort utiles pour indiquer d'un

coup d'œil l'existence de telle ou telle production, houillière, industrielle, agricole, la population rurale ou industrielle des diverses régions d'un pays, etc.

0° M.de Paris

MANCHE

OCÉAN

MÉDITERRANÉE

0° M.de Gr.

D'après Levasseur

De 90 à 95 % | De 80 à 90 | De 70 à 80 | De 60 à 70 | De 50 à 60 | De 30 à 50

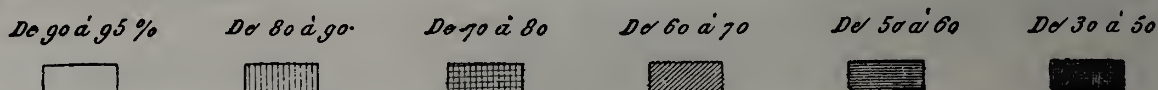


Fig. 19. — *Expression graphique de la proportion pour cent des hommes sachant lire dans chaque département.*

On peut, comme le fait M. Engel en Prusse, représenter l'intensité des faits qu'on veut traduire par des carrés dont la surface est proportionnelle à l'intensité des phénomènes.

DEUXIÈME PARTIE

LA MÉTHODE GRAPHIQUE COMME MOYEN DE RECHERCHES

SOMMAIRE

I. La méthode graphique comme moyen de recherches : Application de la méthode graphique à la solution de divers problèmes mathématiques. — La méthode graphique montre clairement les relations que les faits présentent. — Sa supériorité sur la méthode algébrique. — Calculs divers qu'on peut exécuter par la méthode graphique. — Application à l'analyse mathématique. — Représentation graphique des fonctions transcendantes. — Quadrature des courbes, etc. — II. Application de la méthode graphique a la solution de divers problèmes d'astronomie et de navigation. — Application de la méthode graphique à la détermination de la longitude en mer. — Corrections graphiques des variations du chronomètre. — Détermination graphique des éclipses. — III. Application de la méthode graphique a la solution de divers problèmes relatifs a l'art de l'ingénieur. — Simplification des calculs relatifs aux constructions par l'application de la statistique graphique. — Importance de cette méthode. — Tables graphiques diverses de calculs. — IV. Application de la méthode graphique a la solution de divers problèmes de physique, météorologie, mécanique, physiologie, etc. — Importance des problèmes que la méthode graphique peut résoudre. — Intervention des appareils enregistreurs.

I. — APPLICATION DE LA MÉTHODE GRAPHIQUE
A LA SOLUTION DE DIVERS PROBLÈMES MATHÉMATIQUES.

Nous venons d'envisager la méthode graphique comme mode d'expression des phénomènes, mais comme nous l'avons dit déjà, ce n'est pas à cet objet seulement que se limite son rôle ; elle constitue, dans la plupart des sciences mathématiques, physiques et biologiques, un des plus puissants moyens d'investigation dont le savant dispose. Ce ne serait pas trop d'un volume entier pour en décrire succinctement toutes les applications. Il suffira pour le but que je me propose d'en énumérer rapidement les plus importantes.

Les équations et les formules par lesquelles les mathématiciens expriment les relations des diverses grandeurs, constituent un mode de raisonner très-abrégé, incontestablement fort utile, mais qui présente, surtout au point de vue de l'enseignement, l'inconvénient de perdre de vue l'observation des faits sous les transformations des symboles qui les représentent. Les règles qui déterminent l'emploi de ces symboles étant apprises, on arrive après quelques exercices à s'en servir à peu près comme en tournant d'une certaine façon la manivelle d'une machine à calcul, on voit apparaître le chiffre cherché sans avoir besoin de comprendre la façon dont il s'est formé.

Les résultats que la méthode graphique fournit sont fort différents. Elle donne aux grandeurs des valeurs dont l'aspect est très-frappant et dont il est extrêmement facile de saisir les relations alors même que ces relations ne pourraient être représentées que par des formules d'une complication extrême. Sans doute elle aussi emploie des symboles, mais ces symboles ont une clarté que les chiffres ne sauraient représenter à l'esprit. Quand on nous dit : que le

soleil est 1,405,000 fois plus gros que la terre, cette indication représente à notre imagination une valeur dont nous ne pouvons nous former aucune idée précise, mais si on substitue aux chiffres une expresssion graphique telle, par exemple, que le dessin de deux sphères dont l'une ait un rayon de 1 millimètre, l'autre un rayon de 112 millimètres, rayons tels que la seconde est précisément 1,405,000 plus grosse que la première, nous avons de suite une idée de ce que de pareilles grandeurs peuvent réellement représenter.

Appliquée à la recherche des diverses relations des grandeurs entre elles, la méthode graphique a sur les autres méthodes telles que l'expression algébrique et numérique une supériorité immense, et ce sera introduire une réforme des plus importantes dans l'enseignement des mathématiques, leur ôter ce qu'elles ont parfois d'empirique et d'abstrait que d'accompagner les équations de la représentation graphique des valeurs qu'elles représentent. Loin de développer l'aptitude à raisonner, les mathématiques telles qu'on les enseigne produisent un résultat tout-à-fait contraire.

L'importance qu'il y a à considérer les choses en elles-mêmes au lieu de les perdre de vue à travers les transformations des formules a été fort clairement exprimée par un illustre géomètre, Poinsot, dans une page qui mériterait d'être méditée longuement par tous ceux qui se consacrent à l'enseignement des mathématiques. J'en reproduis la partie la plus essentielle, persuadé qu'elle sera lue avec intérêt.

« Nous voilà donc conduits par le seul raisonnement à une idée claire que les géomètres n'ont pu tirer des formules de l'analyse. C'est un nouvel exemple qui montre l'avantage de cette méthode simple et naturelle de *considérer les choses en elles-mêmes, et sans les perdre de vue dans le cours du raisonnement;* car, si l'on se contente, comme on le fait d'ordinaire, de traduire les problèmes en équations, et qu'on s'en rapporte ensuite aux transformations du calcul pour mettre au jour la solution qu'on a en vue, on trouvera le plus souvent que cette solution est encore plus cachée dans ces symboles analytiques qu'elle ne l'était dans la nature même de la question proposée. *Ce n'est donc point dans le calcul que réside cet art qui nous fait découvrir, mais dans cette considération attentive des choses, où l'esprit cherche avant tout à s'en faire une idée,* en essayant, par l'analyse proprement dite, de les décomposer en d'autres plus simples, afin de les revoir ensuite, comme si elles étaient formées par la réunion de ces choses simples dont il a une pleine connaissance.

»... Ce qui a pu faire illusion à quelques esprits sur cette espèce de force qu'ils supposent aux formules de l'analyse, c'est qu'on en retire, avec assez de facilité, des vérités déjà connues et qu'on y a, pour ainsi dire, soi-même introduites; et il semble alors que l'analyse nous donne ce qu'elle ne fait que nous rendre dans un autre langage. Quand un théorème est connu, on n'a qu'à l'exprimer par des équations : si le théorème est vrai, chacune d'elles ne peut manquer d'être exacte, aussi bien que les transformées qu'on en peut déduire : et, si l'on arrive ainsi à quelque formule évidente ou bien établie d'ailleurs, on n'a qu'à prendre cette expression comme un point de départ, à revenir sur ses pas, et le calcul seul paraît avoir conduit comme de lui-même au théorème dont il s'agit. Mais c'est en cela que le lecteur est trompé.

»... Nous aurions bien d'autres réflexions à faire et de plus grands exemples à produire, si nous voulions montrer d'une part tout ce que l'esprit doit de lumière à cette méthode naturelle, telle que je l'ai dépeinte plus haut et qui constitue une véritable analyse, et de l'autre, *le peu de vérités nouvelles qu'on a su tirer de ces formules où on croit enfermer une question et quelquefois même une science tout entière. Gardons-nous bien de croire qu'une science soit faite quand on l'a réduite à des formules analytiques. Rien ne nous*

dispense d'étudier les choses en elles-mêmes et de nous bien rendre compte des idées qui font l'objet de nos spéculations. N'oublions point que les résultats de nos calculs ont presque toujours besoin d'être vérifiés d'un autre côté, par quelque raisonnement simple, ou par l'expérience, que si le calcul seul peut quelquefois nous offrir une vérité nouvelle, il ne faut pas croire que sur ce point même l'esprit n'ait plus rien à faire ; mais au contraire il faut songer que, cette vérité étant indépendante des méthodes ou des artifices qui ont pu y conduire, il existe certainement quelque démonstration simple qui pourrait la porter à l'évidence, ce qui doit être le grand objet et le dernier résultat de la science mathématique » (1).

Pour en revenir maintenant aux applications de la méthode graphique au calcul, je me bornerai à en énumérer rapidement quelques-unes. La multiplication et la division des lignes, l'extraction des racines d'un ordre élevé, la construction de courbes tenant lieu de table de logarithmes, peuvent s'exécuter graphiquement par des procédés très-simples, mais pour lesquels je ne saurais entrer dans aucun détail ici. On les trouvera longuement décrits dans divers ouvrages notamment ceux de Culmann, Lévy, etc.

On a publié divers tableaux qui permettent au moyen de la méthode graphique de trouver immédiatement sans calcul le résultat de plusieurs opérations mathématiques plus ou moins compliquées. Pouchet paraît être le premier qui, en 1795, dans ses « *Échelles graphiques des nouveaux poids, mesures et monnaies de la République* » ait publié un tableau de ce genre. En 1840, dans son *Nouveau système de tarif*, Allix donna des tableaux graphiques permettant de calculer immédiatement le poids des métaux en barres ou en feuilles, le cube des pierres, du bois, etc. Quelques années plus tard, M. Lalanne fit connaître une méthode graphique générale pour l'expression des lois empiriques et mathématiques à trois variables avec applications à l'art de l'ingénieur et à la résolution des équations numériques d'un degré quelconque. Les coordonnées, au lieu d'être divisées en parties égales, le sont suivant une loi déterminée qui permet de transformer des courbes compliquées en figures plus simples. C'est ainsi, par exemple, que des hyperboles équilatères peuvent être transformées en lignes droites parallèles inclinées à 45 degrés sur les axes ou en circonférences concentriques. Cette méthode très-ingénieuse qualifiée par l'auteur d'anamorphose graphique, lui a permis de construire une table nommée *Abaque* ou *Compteur universel*, qui est de la plus grande utilité et dont l'usage est trés-répandu aujourd'hui. Elle permet la solution d'un grand nombre de problèmes, tels que l'extraction de racines, le calcul des superficies de déblais et de remblais, etc. Les travaux graphiques de ce savant ingénieur, aujourd'hui Directeur de l'École des Ponts et Chaussées, figuraient à l'Exposition, et ont obtenu du Jury la plus haute récompense.

Parmi les tables graphiques qui permettent d'éviter le longs calculs, je citerai encore les tables graphiques très-ingénieuses de Weilenmann, qu'on trouve à la fin du *Manuel du voyageur* de Kaltbrenner, pour la détermination barométrique de la différence de niveau entre deux stations au moyen du baromètre anéroïde. Les lignes verticales indiquent la température moyenne de l'air entre les deux stations ; les lignes horizontales donnent la hauteur en mètres ; les lignes obliques, la pression atmosphérique en millimètres.

On sait depuis la fondation de la géométrie analytique par Descartes, qu'une courbe peut être représentée par une équation entre ses coordonnées. S'il est certain que l'étude de cette équation rend souvent plus facile l'étude des diverses propriétés de la courbe, il n'en est pas moins démontré que lorsqu'il

(1) Poinsot, *Eléments de statique*, 10e ed. 1861.

s'agit d'exprimer des relations entre plusieurs variables comme l'espace et le temps, l'étude graphique de la courbe permet de saisir des relations qu'exprimerait difficilement son équation. Il y a même des cas où cette équation serait d'une complication telle qu'on renonce à la formuler. Plusieurs des graphiques dont nous avons donné la figure expriment d'une façon très-simple les relations entre deux et trois variables que la mise en équation ne traduirait que d'une façon confuse.

Comme application de la méthode graphique aux mathématiques, je mentionnerai encore la construction des courbes représentatives des valeurs d'une équation, courbes qui donnent les moyens de trouver les racines de l'équation ; la représentation graphique des fonctions transcendantes comme les fonctions logarithmiques et circulaires, la solution des problèmes relatifs à l'interpolation qui sans les ressources graphiques, nécessitent l'emploi des méthodes enseignées dans cette branche de l'analyse mathématique nommée Calcul des différences finies, et enfin, la quadrature de certaines courbes, problème dont la solution appartient au calcul intégral.

Les limites assignées à mon travail ne me permettent pas d'entrer dans aucun développement relativement aux applications qui précèdent. Cependant il existe un problème, celui de la quadrature des courbes dont je dirai quelques mots, parce que sa connaissance est tout-à-fait indispensable aux personnes qui font usage de la méthode graphique. C'est du reste, sur lui que repose l'évaluation du travail des machines à vapeur et du dynamomètre.

Trois méthodes : l'emploi de planimètres, la pesée, la décomposition en trapèzes; toutes plus ou moins dérivées de la méthode graphique, permettent d'évaluer facilement l'aire d'une courbe. La plus commode est celle fondée sur l'emploi du planimètre, instrument qui donne très-rapidement la surface de la courbe sur laquelle on le pose. Le plus pratique est celui d'Amsler qu'on trouve aujourd'hui pour 50 ou 60 francs chez tous les constructeurs d'instruments de mathématiques. Bien que sa théorie soit assez compliquée, son maniement est très-facile.

L'évaluation de l'aire des courbes par la pesée a été imaginée, dit-on, par Galilée et employée par lui pour trouver l'aire de la cycloïde. On découpe le papier sur lequel est inscrit la courbe en suivant exactement ses contours et on le pèse. On pèse d'autre part une surface connue celle d'un carré, par exemple, découpée dans du papier de même épaisseur. Le rapport des deux poids donne l'aire de la courbe.

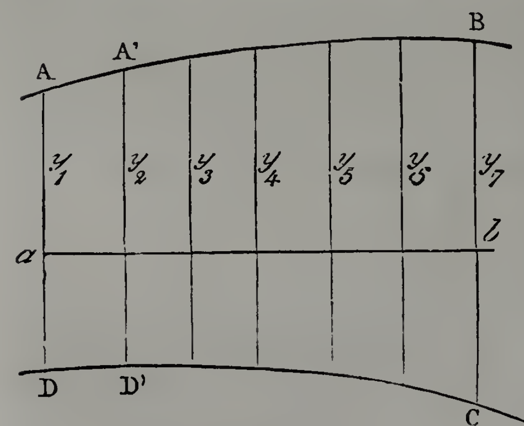


Fig. 20.

Quand on n'a ni planimètre ni balance, on peut encore comme l'a imaginé également Galilée, décomposer la courbe en une série de petits trapèzes dont on mesure facilement alors la surface. Thomson a trouvé pour déterminer l'aire d'une courbe ainsi décomposée la formule suivante qui est très-simple : « Soit A B C D l'aire plane donnée, tracez dans le sens de la plus grande longueur de la figure la droite $a\ b$ prise pour axe des abscisses; partagez cet axe en un nombre quelconque mais pair $(n-1)$ de parties égales ce qui donnera n points de divisions, n étant impair et soit h l'équidistance $a\ a$ de 2 points de division consécutifs; par chacun de ces points élevez des ordonnées que vous prolongerez jusqu'à leur rencontre avec les courbes. $y_1\ y_2\ y_3 \ldots y_n$ étant les longueurs respectives

de la première, de la seconde, de la troisième, etc., jusqu'à la n^{eme}; on a pour l'aire approcher A comprise entre les limites A B C D A.

$$A = \frac{1}{3} h \left\{ y_1 + 4 y_2 + 2 y_3 + 4 y_4 + 2 y_5 + \ldots\ldots + y^n \right\}$$

c'est-à-dire que cette aire est le tiers du produit que l'on obtient en multipliant par l'équidistance constante h savoir : 1° la somme des ordonnées extrêmes plus deux fois la somme des autres ordonnées de rang impair, plus enfin 4 fois la somme des ordonnées de rang pair.

« Ce que l'on vient de dire pour la figure entière A B C D A s'appliquerait à la partie située au-dessous de l'axe des abscisses ; prise séparément ainsi qu'à la partie supérieure, de sorte que s'il s'agissait d'évaluer l'aire a A B b a ou celle a D c b a les ordonnées à introduire dans le calcul seraient les lignes A a A' a' B b dans le premier cas, et a D, a' D'... b c dans le second. Si la figure était telle que les ordonnées extrêmes ou tout autre se trouvassent nulles, il faudrait néanmoins leur donner leurs n[os] d'ordre, bien qu'elles fournissent des termes nuls. » (1)

II. — APPLICATIONS DE LA MÉTHODE GRAPHIQUE

A LA SOLUTION DE DIVERS PROBLÈMES D'ASTRONOMIE ET DE NAVIGATION.

Parmi les applications nombreuses de la méthode graphique à la solution de divers problèmes d'astronomie et de navigation, j'en mentionnerai une des plus importantes dûe à un savant astronome dont j'aurai encore occasion de parler, M. Yvon Villarceau. Dans un ouvrage récent : *Nouvelle navigation astronomique*, dont la partie pratique a été rédigée par un officier de marine, M. A. de Magnac, l'éminent académicien a fait connaître une méthode graphique pour la détermination de la marche des chronomètres, qui permet de déterminer la longitude avec une précision telle que le navigateur peut, après une longue traversée, reconnaître la position de son navire avec une erreur souvent moindre, que la distance des tours de Notre-Dame de Paris à l'Arc de triomphe.

Cette méthode repose sur la détermination graphique des changements qu'éprouvent les chronomètres — changements variables pour chaque instrument et que les constructeurs ne savent pas encore convenablement compenser — sous l'influence des variations de température. Cette correction étant connue pour un chronomètre on sait alors avec exactitude ce qu'il faut ajouter ou retrancher à l'heure qu'il indique suivant la température, pour avoir l'heure exacte.

Pour comprendre l'importance de cette méthode, il est nécessaire de rappeler en quelques mots les moyens employés en mer pour déterminer la position d'un navire. L'ancienne navigation faisait usage, pour déterminer la latitude de la hauteur du soleil à midi, la longitude était appréciée par l'estime obtenue au moyen du loch et de la boussole et rectifiée quand cela était possible — et cela ne se pratiquait guère qu'à bord des vaisseaux de l'État — par l'observation des distances lunaires, c'est-à-dire des distances de la lune au soleil ou à une étoile. Ces distances donnant le moyen d'avoir l'heure de Paris au moment de l'observation, il n'y avait plus qu'à la comparer à l'heure du vaisseau, indiquée par l'observation du soleil. La différence d'heure entre le premier méridien et celui du navire, donne en effet la longitude. La terre tournant sur

(1) Lacroix, *Carnet de l'Ingénieur.*

elle-même en 24 heures et sa circonférence étant divisée en 360 degrés, une heure de temps équivaut à 15 degrés de longitude.

Très-simple en apparence, cette méthode est très-compliquée en réalité, parce que les tables donnent les positions de la lune telles qu'on les observerait du centre de la terre, tandis qu'on les observe d'un point de sa surface; il faut alors faire subir au calcul des corrections dépendant de la parallaxe de notre satellite et de la latitude.

On comprend facilement qu'en emportant avec soi un instrument réglé au départ sur l'heure du premier méridien et la conservant toujours, il n'y aura plus qu'à chercher l'heure du vaisseau par l'observation du soleil, pour avoir par la différence entre l'heure de Paris et celle du bâtiment la position de ce dernier en longitude. Si l'instrument a conservé l'heure exactement, rien ne sera plus facile que d'avoir la longitude, si sa marche a été irrégulière la détermination sera affectée d'une erreur qui pourra entraîner une estimation erronée de la position du navire et par conséquent sa perte.

L'utilité de pouvoir conserver toujours l'heure exacte du premier méridien, a eu pour résultat de nombreuses recherches pour le perfectionnement des horloges. En 1598, Philippe III, en montant sur le trône d'Espagne, offrait une récompense de 100,000 francs, somme énorme pour l'époque, à celui qui réussirait à déterminer la longitude en mer par les chronomètres. En 1714, la reine d'Angleterre offrait une récompense de 500,000 fr. à celui qui parviendrait à déterminer la longitude avec une erreur ne dépassant pas un demi-degré après 6 semaines de traversée; ce qui revenait à demander un chronomètre ne variant pas de plus de 2 minutes en 6 semaines. Cette erreur de deux minutes correspond à l'équateur à une erreur d'atterrissage de 10 lieues marines, c'est-à-dire environ 14 lieues terrestres. 2 minutes de temps en effet corrrespondent à 30 minutes de degré, une minute de degré étant égale à l'équateur, à un mille de 1852 mètres ; 30 milles représentent 10 lieues marines de 5556 mètres.

Ce fut un simple charpentier de village, Harrisson qui, après pas mal de tribulations, obtint le prix proposé. Depuis cette époque les chronomètres ont été considérablement perfectionnés et la précision dont on se contentait alors serait considérée comme bien insuffisante aujourd'hui, surtout depuis la création de la marine à vapeur. Cependant malgré tous leurs efforts les horlogers n'ont pas réussi comme je l'ai dit plus haut à compenser les erreurs produites par les variations de température. On voit dès lors l'intérêt qu'il y avait à déterminer graphiquement l'écart que peut produire sur chaque instrument les variations de température, et par conséquent, le moyen d'obtenir l'heure exacte avec un instrument ne la donnant pas. Le lecteur comprendra facilement maintenant l'importance des recherches de M. Villarceau et le service rendu par lui à la navigation. Les expériences faites en mer par M. de Magnac, ont montré combien les résultats fournis par la méthode graphique étaient précis (1). Je renvoie à son ouvrage pour la description de la méthode. Elle exigerait trop de développement pour pouvoir être convenablement exposée ici.

(1) Malgré sa haute situation scientifique, M. Yvon Villarceau n'a pas échappé aux désagréments qui attendent trop souvent en France, les personnes qui sans appartenir à une spécialité, se permettent de faire des découvertes relatives à cette spécialité. A propos de la présentation de son travail à l'Institut, son collègue M. le commandant Mouchez a cru devoir « protester de la manière la plus formelle, contre ces nombreux » traités de navigation écrits par des auteurs étrangers à la marine. » et donner le conseil au savant astronome « de faire quelques mois de navigation un peu accidentée à l'aide de laquelle il aurait pu acquérir l'expérience de la mer. »

Rien n'est plus injuste que de tels reproches. Il suffit de jeter les yeux sur l'histoire des plus grandes découvertes, comme les bateaux à vapeur, la photographie, le télé-

Pour en revenir à l'emploi de la méthode graphique à l'astronomie, j'ajouterai qu'indépendamment de l'application que je viens de citer, il en est d'autres, notamment la prédiction des éclipses, employées avec succès, la méthode graphique remplace très-simplement alors les méthodes analytiques actuelles qui exigent des calculs laborieux. Le lecteur trouvera dans les *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, juin 1878, des notes de MM. Baille et Hatt sur la détermination des éclipses par le moyen que je viens de mentionner.

III. — APPLICATIONS DE LA MÉTHODE GRAPHIQUE

A LA SOLUTION DE DIVERS PROBLÈMES RELATIFS A L'ART DE L'INGÉNIEUR.

La création de nombreuses lignes de chemins de fer et les travaux d'art qu'elles entraînent, les constructions nombreuses que nécessite l'industrie et les conditions d'existence moderne, ont obligé les ingénieurs à trouver des méthodes plus rapides que celles dont ils faisaient usage pour la préparation de leurs travaux. Grâce à la méthode graphique ils ont pu abréger considérablement les longs calculs qu'exigeaient les vieilles méthodes classiques, c'est ainsi par exemple que lors de la construction de la charpente métallique du palais du Champ-de-Mars, l'ingénieur chargé de ce travail a pu effectuer, tous les calculs des déformations et résistance des charpentes au moyen de constructions graphiques qui lui ont permis de terminer dans un temps très-court la rédaction de cet immense travail.

---

graphe écrivant, l'argenture electro-chimique, l'anesthésie et même sur celle des travaux de science pure, comme la mesure d'un arc du méridien, essayé pour la première fois et avec un plein succès par le médecin Fernel pour ignorer que ce n'est pas à des spécialistes qu'elles sont dûes. La raison philosophique en est bien simple. Le spécialiste est un ouvrier assurément indispensable, mais qui, explorant avec des méthodes toujours semblables des chemins mille fois explorés par ses maîtres et dont il n'oserait s'écarter, a bien peu de chances d'y découvrir quelque chose resté inaperçu à ceux qui l'ont précédé.

Celui qui apporte dans une science nouvelle pour lui une méthode et des connaissances acquises dans une autre, a bien des chances au contraire d'y apercevoir des choses qui avaient échappé à ceux qui font cependant de cette science leur occupation exclusive, et cela même quand ces derniers seraient des savants de premier ordre. C'est ainsi par exemple que l'illustre mathématicien et physiologiste Helmholtz a consacré des années de recherches à la reproduction de quelques sons de la voix humaine sans grand succès, alors que ce problème a été récemment résolu de la façon la plus complète et presque sans effort par un inventeur n'ayant à sa disposition qu'une somme de connaissance très-ordinaire. Lorsque après avoir renoncé à la médecine, Foucault aborda les plus difficiles problèmes de la physique, il n'avait que les notions très-insuffisantes de cette science, mais il possédait ce qui valait mieux, de l'imagination et de la méthode. Et comme le fait remarquer justement le savant académicien Bertrand en racontant sa vie, ceux qu'il avait étonnés par la profondeur de son ignorance sur les questions qu'il abordait, étaient bientôt plus étonnés encore par l'étendue de ses découvertes sur les mêmes questions. Certes ce n'est pas là la voie à indiquer à la majorité des intelligences et mieux vaut conseiller au jeune homme qui veut réussir dans la vie, de suivre la route classique où il trouvera les conseils du maître qui le dispenseront de tout effort et de toute initiative. Sans doute il ne deviendra pas ainsi un de ces savants, qui impriment leur cachet d'originalité à tout ce qu'ils touchent, mais il arrivera à cette médiocrité honnête qui ne fait pas d'envieux. Il deviendra un spécialiste utile, suffisamment borné sur tout ce qui est en dehors de son cercle d'études pour n'avoir jamais envie d'en sortir. Donnons-lui donc le conseil, fort superflu du reste, de ne pas s'écarter d'une route si sûre, mais comme le dit l'illustre académicien que je citais il y a un instant, « en souhaitant tout bas qu'il se sente assez fort pour ne pas le suivre. »

La science qui permet à l'ingénieur de remplacer le calcul par des constructions graphiques, a reçu le nom de *statique graphique.* Elle remplace les calculs laborieux de la statique ordinaire par des constructions géométriques qui sont basées sur la représentation de forces par des lignes donnant la grandeur de chacune d'elles. Son invention est toute moderne. Imaginée par un simple mécanicien, Taylor, elle a été perfectionnée par des ingénieurs éminents, Rankine, Maxwell, Culmann, Crémona, Lévy, etc. Cette science nouvelle a été réunie en corps de doctrine, il y a une douzaine d'années par Culmann dans un ouvrage (*Die graphische statik* Zurich 1866), auquel je renverrai le lecteur. Il trouvera également dans l'important ouvrage de Reulaux, *Le constructeur* (Traduction française Paris 1873), d'importantes applications de la méthode graphique à la construction des organes des machines. Dans ce dernier ouvrage notamment se trouve la solution graphique très-simple de problèmes comme la détermination du centre de gravité, celle des moments de torsion et de flexion des pièces des machines, de la résistance des arbres de transmission, de la résultante des actions de l'eau dans une roue hydraulique, etc., etc. Il serait à désirer que l'enseignement de la graphique statique très-répandu aujourd'hui dans les Écoles industrielles de Suisse et d'Allemagne pénétra dans nos écoles spéciales où elle paraît encore inconnue.

Parmi les applications de la méthode graphique à l'art de l'ingénieur, je ne dois pas oublier de mentionner les recherches dont j'ai déjà parlé, faites par M. Lalanne pour remplacer les calculs numériques. Ils ne se rattachent nullement à la Statique graphique dont je viens de traiter, mais font partie de la méthode graphique en général. Dès 1843, ce savant ingénieur construisait des tables graphiques qui permettaient d'abréger considérablement les calculs de déblai et de remblai que nécessitent la construction des voies de chemin de fer.

IV. — APPLICATIONS DE LA MÉTHODE GRAPHIQUE

A LA SOLUTION DE DIVERS PROBLÈMES DE PHYSIQUE, MÉCANIQUE, ETC.

Aidée des appareils enregistreurs dont nous allons nous occuper bientôt et grâce auxquels on a pu obliger les phénomènes à inscrire eux-mêmes leurs phases, la méthode graphique a permis de résoudre une foule de problèmes qui sans elle eussent été presque inabordables. Les variations des forces qui nous entourent, chaleur, électricité, etc., la détermination des lois physiques telles que celles de la chute des corps, les mouvements les plus délicats comme ceux du cœur ou de l'aile de l'oiseau, les vitesses les plus grandes telles que celles de la volonté à travers les nerfs, d'un boulet de canon dans l'âme de la pièce, de la lumière dans l'espace, ont pu comme nous allons le voir maintenant être enregistrés avec une précision infaillible.

Les appareils enregistreurs ne sont que les instruments que la méthode graphique emploie, mais l'importance prédominante qu'ils ont aujourd'hui dans les sciences physiques et biologiques nous obligent à leur consacrer des chapitres spéciaux. Entrer dans les détails de leur construction et de leur emploi sera simplement continuer l'exposition des applications de la méthode graphique à laquelle ce chapitre et ceux qui le précèdent ont été consacré.

TROISIÈME PARTIE

INSTRUMENTS EMPLOYÉS PAR LA MÉTHODE GRAPHIQUE· APPAREILS ENREGISTREURS

SOMMAIRE

I. Méthodes diverses d'enregistrement des phénomènes : Historique des appareils enregistreurs. — Modes divers d'enregistrement des phénomènes. — Enregistrement mécanique. — Enregistrement photographique. — Enregistrement optique. — Reproduction, grandissement, réduction et transformation diverses des tracés graphiques. — II. Dispositions communes a tous les appareils enregistreurs : Conditions auxquelles doivent satisfaire les appareils enregistreurs. — Difficulté de les réaliser. — Etude des régulateurs. — Moyens divers de régulariser la marche des rouages. -- Pendule, spiral, ailettes, ressort, etc. — Importance de la taille des rouages. — Régulateur Foucault. — Régulateur Yvon Villarceau. — Régulateur G. Noël et Gustave Le Bon. — Moyen de contrôler la marche des régulateurs. — Régulateur à roue phonique. — Transmission du mouvement aux appareils enregistreurs. — Leviers et tambours enregistreurs. — III. Appareils enregistreurs employés en physique et en météorologie : Enregistrement de la chute des corps. — Enregistrement des variations du poids des corps. — Enregistrement des variations de niveau des liquides, de la vitesse de leur écoulement et de leur débit. -- Enregistrement des variations de température et de pression. — Enregistrement de la direction et de la vitesse d'écoulement des gaz. — Enregistrement des variations électriques et magnétiques. — Enregistrement des vibrations acoustiques et de la parole. — Engistrement de variations d'intensité et d'activité chimique de la lumière. — Enregistrement du temps. — Chronographes enregistreur. — Métronome enregistreur des Drs G. Noël et Gustave Le Bon. — Enregistrement de la vitesse de la lumière. — IV. Appareils enregistreurs employés en astronomie : Enregistrement des observations de passage. — Instruments divers. — Détermination de l'équation personnelle par les appareils enregistreurs. — Pendule perpétuelle se remontant automatiquement par les variations de température des Drs G. Noël et Gustave Le Bon. — V. Appareils enregistreurs employés en mécanique : Enregistrement du travail d'une machine à vapeur. — Dynamomètres enregistreurs. — Enregistrement de la vitesse et de la régularité de la marche d'un véhicule. — Chariot inscripteur des courbes de fréquence des docteurs G. Noël et Gustave Le Bon. — Construction graphique d'excentriques destinés à imiter un mouvement quelconque. — Copie en relief d'un corps solide par la méthode graphique. — Compas des coordonnées et instruments divers du dr Gustave Le Bon. — VI. Appareils enregistreurs employés en balistique : Pendule balistique. — Chronoscopes divers. — Difficultés que leur exécution présente. — Chronographe Schultz, Sebert, etc. — Enregistrement des pressions déterminées par la combustion de la poudre. — Poinçon Rodman. — Accélérographe Deprez. — Vélocimètre Sébert. — VII. Appareils enregistreurs employés en physiologie : Enregistrement des variations de vitesse et de pression du sang dans les vaisseaux : sphygmographe, cardiographe, etc. — Enregistrement des variations du volume des organes. — Enregistrement des mouvements respiratoires et du volume d'air introduit dans les poumons. — Enregistrement des contractions musculaires. — Myographe. — Appareils à excitations électriques graduées des dr G. Noël et Gustave Le Bon. — Enregistrement des mouvements des membres de l'homme et des animaux. — Enregistrement photographique des diverses allures d'un cheval. — Enregistrement de la vitesse de l'agent nerveux et de la durée du temps qui sépare les excitations des réactions. — Appareils nouveaux des Drs G. Noël et Gustave Le Bon.

I. — MÉTHODES DIVERSES D'ENREGISTREMENT DES PHÉNOMÈNES.

Historique des appareils enregistreurs. — Il est difficile d'indiquer sûrement le nom du premier observateur qui réussit à assujettir un instrument à tracer lui-même sa marche. Il semble cependant que c'est aux météorologistes que revient l'honneur des premières recherches dans cette voie. Dès 1734 un certain marquis d'Ons en Bray publiait la description d'un anémographe écrivant la direction du vent sur une feuille de papier enroulée sur un cylindre. En 1782, Magellan publiait un mémoire sur un météorographe enregistreur; en 1794, Rutherford donnait la description d'un thermographe. Tous ces appareils eurent peu de succès et ce n'est qu'à une époque récente qu'ils ont pénétré dans la météorologie où ils jouent aujourd'hui un rôle essentiel.

La première application vraiment pratique des appareils enregistreurs fut faite par Watt. En 1806, il réussit, au moyen d'un indicateur encore en usage aujourd'hui à obliger une machine à vapeur à écrire elle-même sur un cylindre le travail qu'elle effectuait. A peu près à la même époque le mécanicien allemand Eytelweins voulant étudier le mouvement de la soupape d'un bélier hydraulique attacha sur elle un pinceau qui traçait son déplacement sur une feuille de papier en mouvement.

La première application des appareils enregistreurs à la détermination de lois physique fut faite par Poncelet et Morin. En obligeant un corps qui tombe à tracer son mouvement sur une feuille de papier enroulée sur un cylindre en rotation, ils mirent en évidence les lois de la chute des corps.

L'application des appareils enregistreurs à la physiologie est plus récente encore et ne commence guère qu'avec la seconde moitié de ce siècle. Elle est due surtout aux travaux des divers physiologistes allemands Vierordt, Helmholtz, Ludwig notamment. Ludwig réussit à enregistrer les oscillations d'un manomètre adapté aux artères d'un animal. Helmholtz créa le myographe et l'appliqua à la mensuration de la vitesse de l'agent nerveux. Vierordt imagina le sphygmographe qui enregistre les mouvements des artères. Ces appareils, qui ont entièrement transformé certaines branches de la physiologie, restèrent presque inconnus en France jusqu'au jour où M. Marey se consacra à leur vulgarisation. Ajoutons que c'est aux travaux des physiciens qui perfectionnèrent les régulateurs et découvrirent le moyen de mesurer avec précision les plus petites fractions de secondes, que les appareils enregistreurs acquirent le degré de précision qu'ils possèdent aujourd'hui, et qui permet de les appliquer à la mensuration de phénomènes aussi rapides que la vitesse des projectiles ou même celle de la lumière.

Il existe plusieurs modes d'enregistrement en phénomènes: l'enregistrement mécanique, l'enregistrement photographique, l'enregistrement optique. Nous allons indiquer rapidement le principe de ces trois méthodes.

Enregistrement mécanique des phénomènes. — Les variations qu'éprouvent les forces qui nous entourent: chaleur, pesanteur, etc., peuvent se manifester sous forme de mouvements. Leur enregistrement se fait alors d'une façon mécanique en mettant en relation le corps en mouvement avec un levier devant lequel passe un papier enroulé sur un cylindre animé d'un mouvement de rotation régulier. Dans quelques appareils comme le météorographe du père Secchi l'enregistrement se fait sur une surface plane animée d'un mouvement de translation. Lorsque le corps en mouvement dont il s'agit d'inscrire le déplacement est animé d'une certaine force, l'enregistrement de ces mouvements se fait au

moyen d'une plume et d'un crayon (1) fixés à l'extrémité du levier devant lequel passe la feuille de papier entraîné par le mouvement du cylindre. Il trace alors à sa surface une ligne plus ou moins sinueuse suivant les variations du phénomène.

Quand le corps en mouvement est animé d'une faible force, et c'est le cas dans beaucoup d'observations météorologiques et dans la plupart des expériences physiologiques, le papier est recouvert de noir de fumée, et un levier très-léger fixé au corps en mouvement permet, en dépensant un travail très-faible, de tracer sur la surface du papier une courbe qui se traduit par une ligne blanche sur un fond noir. L'opération terminée on fixe le noir de fumée en trempant la feuille de papier dans une cuvette remplie de vernis photographique. C'est par cette méthode que se fait l'enregistrement dans les instruments météorologiques employés à l'observatoire de Montsouris. C'est le meilleur moyen de ne pas avoir un tracé déformé par suite de l'effort dépensé par la plume ou le crayon pour inscrire son mouvement.

Il arrive quelquefois, mais cette disposition ne se rencontre plus guère que dans d'anciens météorographes, qu'au lieu de tracer sur du papier une courbe continue, le corps en mouvement y trace à intervalles réguliers une série de points. Un électro-aimant force par exemple à intervalles réguliers, toutes les 10 minutes, je suppose, la pointe terminant le levier à venir marquer sur une feuille de papier la position qu'elle occupe en ce moment. Quelquefois, comme dans certains météorographes employés en Suisse, c'est un marteau mû par un mouvement d'horlogerie qui vient obliger à intervalles périodiques le corps en mouvement à marquer la position occupée par lui en ce moment.

La nécessité d'employer des leviers très-légers dans les appareils enregistreurs afin que par leur poids ils ne viennent pas opposer une résistance aux mouvements souvent très-faibles des corps en mouvement, rend ces instruments fort délicats et d'un maniement qui exige beaucoup de soins. Il serait très-intéressant de pouvoir, avec un effort très-faible, obtenir une force très-grande de façon à surmonter sans difficulté les résistances qui sont la conséquence de l'enregistrement d'un phénomène. Ce problème très-difficile a été récemment résolu de la façon la plus ingénieuse par M. Rédier au moyen d'une disposition applicable à tous les appareils enregistreurs et que nous décrirons plus loin. Il réussit avec l'effort le plus léger, tel que le déplacement de l'aiguille d'un galvanomètre par exemple, à obtenir la force nécessaire pour obliger un crayon à frotter vigoureusement sur une feuille de papier. Naturellement cette force est empruntée à un moteur et les mouvements du corps enregistrant ne font que déterminer son emploi absolument comme le doigt du mécanicien détermine en tournant le robinet qui donne accès à la vapeur sur le piston à mettre une lourde machine en mouvement.

Les diverses courbes que fournissent généralement les appareils enregistreurs constituent des lignes qui ont besoin d'être interprétées. Leur lecture, surtout en météorologie, est quelquefois délicate. Pour la rendre facile dans les appareils destinés à être examinés par le public, on a imaginé des combinaisons mécaniques particulières qui permettent aux appareils d'imprimer eux-mêmes en caractères d'imprimerie ordinaires les phénomènes destinés à être enregistrés. Un appareil semblable imprimant en caractères ordinaires à intervalles réguliers la température, la pression, l'état hygrométrique de l'air, etc., a figuré à l'Ex-

(1) M. Bourdon m'a montré des plumes venues d'Angleterre et formées simplement d'un léger tube de verre très-effilé et dans lequel on introduit par inspiration un peu d'encre d'aniline. Elles fonctionnent avec la plus grande facilité ce qui n'est pas le cas des plumes métalliques spéciales de Bréguet qu'on emploie généralement.

position dans la section suédoise. C'est une merveille de mécanique qui fait le plus grand honneur au savant qui l'a imaginée ; mais la complication excessive du mécanisme, son prix fort élevé, le peu d'intérêt pratique que l'appareil présente font que des instruments semblables resteront pendant longtemps encore de simples objets de curiosité.

Enregistrement photographique. — L'enregistrement des corps en mouvement peut se faire également par la photographie. Ce moyen était même le seul qu'on sut employer il y a quelques années pour enregistrer le mouvement d'une aiguille aimantée. Ce procédé étant assez compliqué à cause des manipulations, on n'y a qu'exceptionnellement recours, et seulement dans les cas où le corps en mouvement ne peut être mis en relation avec un levier enregistreur. Tel serait par exemple le cas des variations qu'éprouverait un liquide dans un tube entièrement fermé. On a autrefois enregistré ainsi les variations de hauteur de la colonne de mercure du thermomètre et du baromètre, en plaçant l'instrument devant une fente derrière laquelle se déroulait un cylindre recouvert de papier rendu sensible à l'action de la lumière. Le papier ne pouvant être noirci que dans les endroits où il est frappé par la lumière, c'est à-dire au-dessus de la colonne mercurielle, les variations de niveau de cette colonne se photographient à la surface du papier. Comme on possède des moyens beaucoup plus simples d'enregistrer la température et la pression atmosphérique, cette méthode est très-peu usitée aujourd'hui. On ne l'emploie plus à l'Observatoire de Montsouris que pour l'enregistrement des mouvements de l'électromètre et des boussoles. L'heure est enregistrée photographiquement sur la même bande de papier par l'obturation, que déterminé à intervalles réguliers un rouage d'horlogerie, de la source lumineuse qui agit sur le papier.

Si la méthode photographique ne rend que peu de services dans certains appareils enregistreurs, il en est d'autres où rien ne saurait la remplacer. Tels sont par exemple, les appareils photographiques destinés à enregistrer divers phénomènes tels que l'état du soleil à certains moments, le mouvement rapide d'un animal, le galop d'un cheval, etc. L'objectif photographique est en réalité le plus parfait des appareils enregistreurs, et il n'y a pas de dessins qui puissent remplacer les ressources qu'il fournit pour la reproduction exacte d'un phénomène. L'utilité de la photographie dans les sciences théoriques et pratiques est telle qu'il serait à désirer qu'elle fût enseignée régulièrement dans les écoles supérieures. Bien que peu compliquée ses manipulations exigent cependant une certaine étude (1). Peu de personnes regretteraient je crois le temps qu'elles y consacreraient, car il n'est guère de sciences auxquelles elle ne puisse rendre les plus utiles services. L'ingénieur pour réduire ou agrandir ses plans, copier ses machines; le marin, l'officier, le voyageur pour le levé rapide des plans, la reproduction exacte des paysages et des êtres qui leur passent sous les yeux;

(1) Faute de cette étude préalable on s'expose à des mésaventures analogues à celle arrivée il n'y a pas très-longtemps à un professeur du collège de France qui, après avoir fait consacrer pour son laboratoire quelques milliers de francs à l'achat d'héliostats, de condensateurs et d'autres inutilités coûteuses, qu'il avait cru sur la foi de vieux traité de photographie indispensables à l'obtention de photographies microscopiques, fut obligé de faire reléguer bientôt au grenier tout ce volumineux matériel, sans avoir pu réussir à obtenir une seule épreuve convenable. J'ai déjà montré il y a 7 ans dans une petite brochure accompagnant une collection de photographies microscopiques, qui ont figuré à diverses expositions et ont été présentées à plusieurs Sociétés savantes que quand on possède un microscope une chambre noire et *qu'on connaît la photographie*, on peut avec une dépense de 2 ou 3 francs consacrée à l'achat de verres bleus et

l'architecte pour conserver jour par jour la trace de l'état d'un édifice qu'il fait construire ; l'anatomiste et le naturaliste pour remplacer les infidèles reproductions des dessinateurs, etc., en auraient journellement besoin. La nécessité de s'adresser à des spécialistes fait que ce n'est qu'accidentellement au contraire qu'ils y ont recours.

Si on veut opérer soi-même, sans études suffisantes, il arrivera ce qui est arrivé en Angleterre à propos de l'emploi de la photographie dans l'expédition pour le passage de Vénus. Après avoir fait dépenser par le Gouvernement des millions pour les préparatifs, les astronomes oublièrent d'apprendre suffisamment la photographie ou d'amener avec eux des photographes exercés et échouèrent misérablement « *a ghastly failure,* » écrit l'astronome anglais Piazzi Smith. Sur des centaines de photographies, *une seule* fut réussie, et elle avait été prise par un photographe exercé, le capitaine Waterhouse. On trouvera dans un article publié dans *The Bristish Journal photographic almanac*, 1879, par l'astronome royal d'Écosse, M. Piazzi Smith, l'histoire, qu'on a longtemps essayé de cacher au public, de cette gigantesque mésaventure.

Enregistrement optique. — On peut rattacher à l'enregistrement des phénomènes, une méthode qui sans conserver la trace écrite des phénomènes, les transforment cependant en signes visibles qu'il est possible de reproduire à volonté. On la désigne habituellement sous le nom de *méthode optique.*

La méthode optique consiste à rendre visibles les vibrations d'un corps sonore, un diapason par exemple, en fixant sur lui un petit miroir sur lequel vient se réfléchir un rayon lumineux envoyé par une lampe entourée d'une cheminée opaque percée d'un trou. L'image du miroir en vibration est recueillie par une lentille qui la projette sur un écran où elle apparaît sous forme d'une courbe dont la forme est plus ou moins compliquée suivant la nature des vibrations et qu'il est facile d'étudier à loisir.

M. Kœnig a entrepris l'étude des sons par une méthode qui se rapproche de la précédente. Si on parle devant un entonnoir terminé par une membrane et communiquant par un tube avec un tuyau de conduite de gaz d'éclairage, il arrivera, le bec étant allumé, que si on parle dans l'entonnoir, les oscillations de la membrane sous l'influence des vibrations sonores imprimeront à la flamme une série d'allongements ou de raccourcissements en rapport avec ces vibrations. On rend ces déplacements de la flamme plus visibles en les recevant sur un miroir à 4 faces, animé d'un mouvement de rotation rapide.

On peut encore rattacher à l'enregistrement optique la méthode stroboscopique, qui permet de rendre immobile en apparence ou de ralentir les mouvements d'un corps de façon à pouvoir en étudier facilement les phases. Cette méthode ingénieuse s'applique à l'étude de corps animés de mouvements trop rapides pour que l'œil puisse les suivre. L'action de la lumière sur l'œil ne pouvant être perçue que lorsque ce dernier a été impressionné pendant une notable

d'un cône de caoutchouc destiné à relier la chambre noire au microscope, obtenir des épreuves beaucoup plus belles que celles produites avec les machines compliquées dont je viens de parler. Depuis cette époque plusieurs photographes se sont livrés avec un plein succès à la photographie microscopique en employant un appareil aussi simple que celui que je viens de décrire. Je citerai parmi eux MM. Molteni, Favre et Lachenal. Les photographies microscopiques sur albumine de ces derniers ont une finesse que le meilleur burin ne saurait dépasser. Il est évident qu'avec un peu d'étude les histologistes pourraient obtenir des photographies microscopiques, analogues à celles que des industriels obtiennent maintenant couramment. Ils pourraient rendre ainsi leurs observations incontestables et éviteraient les interminables controverses que suscite souvent l'interprétation de dessins faits au microscope.

fraction de seconde, on conçoit que si l'objet éclairé n'apparaît que pendant un temps inférieur à cette fraction de seconde il ne produira qu'une image confuse. On arrive à lui donner l'apparence de l'immobilité en ne le rendant visible qu'à des instants toujours les mêmes de son mouvement périodique. Il en résulte que l'œil reçoit une série d'impressions identiques que la persistance des images rétiniennes lie entre elles et qui fera paraître l'objet immobile.

L'appareil nommé stroboscope se compose simplement d'un disque percé de fentes et animé d'un mouvement de rotation tel que chaque fente passe devant l'œil au moment précis où le phénomène, la vibration d'une corde par exemple se trouve à la même place. En graduant la vitesse de façon à ce que la coïncidence ne soit pas parfaite et par conséquent que le phénomène ne vienne pas frapper l'œil toujours à la même période, le corps ne paraît plus immobile mais animé d'un mouvement qu'on peut rendre à volonté plus ou moins ralenti.

Reproduction, agrandissement, réduction et transformations diverses des tracés graphiques. — Les tracés exécutés par les appareils enregistreurs possèdent, notamment quand ils ont été exécutés sur du papier recouvert de noir de fumée, une délicatesse excessive, et parfois le microscope y fait découvrir certaines particularités que l'examen à l'œil nu n'avait pas laissé soupçonner. Il est donc important quand on les publie pour accompagner un travail, de les donner tels qu'ils ont été obtenus; les confier à un dessinateur et à un graveur serait imprudent. Le mode le plus simple et le plus économique de les transformer en clichés typographiques est de les reproduire par l'héliogravure qui se fait couramment aujourd'hui et est fort exacte pour tous les dessins au trait. Le tracé devant être d'abord transformé en cliché photographique, rien de plus simple que de le réduire ou de le grandir par l'objectif.

Pour étudier à fond les détails d'une courbe, ou pour la montrer à un auditoire nombreux, il suffit de la photographier sur verre et la placer dans un appareil de projection. Je renverrai pour les détails de cette opération à une petite brochure que j'ai publiée à ce sujet en 1872 (1).

Nous avons vu que la méthode graphique pouvait immobiliser et fixer dans l'espace les diverses phases d'un phénomène. A ces images qui semblaient immobiles pour toujours, on peut rendre maintenant toutes les apparences de la vie. Qu'on place par exemple dans l'instrument nommé Phénakisticope la série de photographies instantanées dont nous parlerons bientôt représentant les posi-

(1) *L'anatomie et histologie enseignées par les projections lumineuses.* J'ai donné dans ce travail la description d'un appareil que j'avais fait construire par Molteni, et qui peut fonctionner à volonté à la lumière oxyhydrique ou au pétrole, se transformer en microscope de projection, servir de microscope pour le grandissement des corps opaques, etc. Je crois que pour les laboratoires et l'enseignement, cet appareil est encore le plus économique et le plus complet, mais pour les personnes qui veulent ne faire qu'accidentellement des projections avec un appareil le moins coûteux et le moins compliqué possible, je recommanderai surtout un petit instrument vendu actuellement en Allemagne et en Angleterre sous le nom de *sciopticon*, et qui par son peu de volume et par la disposition très-intelligente de sa lampe à pétrole sans verre à double mèche, est beaucoup plus ingénieux que l'appareil que j'avais fait construire. S'il pouvait fonctionner avec la lumière oxyhydrique indispensable pour les projections en public, il serait vraiment supérieur à tout ce qui a été fait jusqu'ici. Je n'ai pas eu malheureusement le temps de m'occuper de nouveau depuis plusieurs années des appareils de projection, mais je me propose de reprendre prochainement leur étude. Ceux qui existent aujourd'hui sont au fond très-imparfaits et ont besoin de sérieuses transformations. Ce n'est guère que lorsqu'ils auront reçu ces modifications que l'importante question du grandissement des cartes et plans, et des clichés photographiques de petite dimension, c'est-à-dire le problème de la photographie en campagne pourra recevoir une solution pratique.

tions successives que prend un cheval au galop et par suite de la persistance des impressions lumineuses, qui lie entre elles les images se succédant rapidement, on verra ces dernières s'animer lorsque l'appareil entrera en mouvement et produire sur l'œil une impression semblable à celle que déterminait le cheval quand il poursuivait sur une route sa course rapide. En ralentissant ou accélérant la marche de l'instrument on ralentit ou accélère les mouvements des membres de l'animal et on peut ainsi en étudier à volonté les phases. Ce merveilleux petit instrument n'a guère été considéré jusqu'ici que comme une sorte de jouet curieux. Je suis convaincu que ses applications scientifiques deviendront un jour très-nombreuses.

II. — DISPOSITIONS COMMUNES A TOUS LES APPAREILS ENREGISTREURS.

Conditions auxquelles doivent satisfaire les appareils enregistreurs. — La plupart des appareils enregistreurs se composent d'un cylindre dont le mouvement est entretenu par un appareil d'horlogerie. C'est sur ce cylindre recouvert d'une feuille de papier que les phénomènes tracent par l'intermédiaire de leviers inscripteurs, leur marche.

Quand on connaît la précision à laquelle est arrivée l'horlogerie moderne, précision telle qu'une pendule astronomique marque l'heure avec une erreur inférieure à une demi-seconde en 24 heures, il semble que ce doit être une chose très-simple que d'obtenir un cylindre enregistreur animé d'un mouvement continu et régulier. Cependant la difficulté est telle que l'on peut dire que ce n'est qu'exceptionnellement que le problème a été résolu. Pour comprendre les causes de cette difficulté, il est indispensable d'entrer dans certaines explications sur les conditions auxquelles un appareil enregistreur de précision doit satisfaire.

L'énoncé de ces conditions est très-simple. Le cylindre enregistreur doit pouvoir être animé d'un mouvement continu et régulier pendant un certain temps et sa vitesse doit pouvoir varier à volonté dans des limites trés-étendues. Voyons maintenant pourquoi la réalisation de ces conditions est si difficile.

Les diverses parties dont se compose un appareil enregistreur quelconque se ramènent à trois organes fondamentaux : le moteur, poids ou ressort qui met le mécanisme en mouvement, le régulateur destiné à rendre constante la puissance variable du moteur, et enfin les rouages qui relient entre elles les diverses parties du système.

Les régulateurs usités en horlogerie comprennent les types suivants : le pendule simple, le balancier entretenu par une lame vibrante telle qu'un ressort en spirale, le pendule conique, le régulateur à ailettes.

Les deux premières espèces de régulateurs sont actuellement employées pour régler les mouvements des montres et des horloges ; ils donnent une régularité parfaite ; mais comme en dernière analyse le pendule ou le spiral n'agissent par l'intermédiaire de l'échappement qu'en arrêtant périodiquement les rouages, ces derniers ne marchent que d'une façon saccadée et non continue. La première des conditions de la marche d'un cylindre enregistreur, celle d'un mouvement continu, ne pourra donc être obtenue avec eux. S'il importe peu que les aiguilles d'une montre ne marchent que d'une façon saccadée, toutes les demi-secondes par exemple, il importe beaucoup au contraire pour un grand nombre d'expériences de précision que le cylindre d'un enregistreur soit animé d'un mouvement continu et non intermittent. On conçoit en effet, que si sur un cylindre animé

d'un mouvement rapide, deux phénomènes s'inscrivent à intervalles très-rapprochés, et qu'on veuille mesurer l'intervalle qui s'est écoulé entre eux par l'espace compris entre les tracés laissés par leur inscription, il sera impossible de répondre du résultat, puisque les deux inscriptions auront pu concorder, l'une avec le moment où le cylindre marchait, l'autre avec le moment où, sous l'influence de l'échappement, le mouvement était interrompu. Un horloger suisse, M. Hipp, a essayé avec assez de succès de remédier à cet inconvénient en employant comme moyen de réglage une lame métallique vibrant un grand nombre de fois par seconde — 1000 fois dans son chronoscope. — Une pièce fixée à ce ressort appuie sur la dent d'une roue à rochet reliée au rouage moteur et ne laisse passer qu'une dent par oscillation. Le mouvement est donc saccadé comme dans les échappements ordinaires, mais on comprend que les arrêts de mouvements sont alors tellement rapprochés qu'au point de vue pratique l'appareil peut être considéré comme animé d'un mouvement continu. Il est à regretter que ce système soit compliqué et fort coûteux.

Pour les expériences qui n'ont pas besoin d'une grande précision, telles par exemple que l'enregistrement de phénomènes météorologiques, la marche saccadée du cylindre enregistreur est tout à fait sans importance; aussi dans les observatoires de météorologie, comme celui de Montsouris par exemple, on ne fait usage que de cylindres enregistreurs mus par un poids régularisé par un pendule.

Les moyens de régulariser les mouvements d'un cylindre, que nous venons de décrire, ne pouvant être employés dans les appareils de précision, ou même dans les appareils qui, sans avoir besoin d'une grande précision, doivent être animés d'un mouvement continu, comme ceux qui font tourner les lentilles des phares, il ne reste plus que deux moyens de régulariser l'action des poids ou des ressorts, ce sont le régulateur à pendule conique et le régulateur à ailettes.

Le pendule conique, ainsi nommé parce que au lieu d'osciller comme le pendule ordinaire dans un plan vertical, il décrit dans un plan horizontal un cercle qui est la base d'un cône ayant pour sommet le point de suspension, est un régulateur excellent; il fonctionne sans échappement, ce qui évite les mouvements saccadés dont nous parlions plus haut. On l'emploie avec succès dans les machines parallactiques qui conduisent les lunettes astronomiques destinées à rester toujours braquées sur un même point du ciel malgré le déplacement de la terre. Il a été quelquefois appliqué aux horloges, comme on a pu en voir un bel exemple dans la grande horloge de l'Exposition, mais son emploi présente plusieurs difficultés de construction. On ne pourrait l'adapter du reste aux enregistreurs à grande vitesse, à cause de la masse considérable qu'il faudrait donner à la boule qui le termine; aussi ne l'a-t-on pas appliqué encore à ces instruments. Nous verrons plus loin le parti que nous en avons tiré en l'associant à un autre régulateur.

Le pendule conique n'étant pas facilement applicable aux appareils enregistreurs à vitesse très-grande, restait uniquement le régulateur à ailettes. C'est sur sa construction que s'est exercé le génie de deux savants physiciens, Foucault et Yvon Villarceau. Leurs instruments que nous décrirons succinctement ne sont en réalité que des transformations savantes de l'antique régulateur à palettes qui, avant la découverte des propriétés du pendule, fut le seul moyen connu de régulariser les effets du moteur des horloges, et qui est encore en usage du reste dans les tourne-broches. Par leur poids ces palettes agissent comme volant en entretenant la régularité du mouvement quand le travail moteur ou le travail résistant viennent à subir de brusques variations; par leur surface elles agissent en réduisant la vitesse quand elle devient trop grande par suite de la résistance que les lames présentent à l'air.

Lorsqu'on possède un régulateur parfait, il ne faut pas supposer comme on le fait généralement, qu'il suffit de l'adapter à un mécanisme d'horlogerie quelconque pour en obtenir de bons résultats. Si les roues de ce mécanisme ne sont pas parfaitement taillées, et rien n'est plus rare que de rencontrer de telles roues, les résultats obtenus seront médiocres. On conçoit facilement, et il est vraiment singulier que l'attention des constructeurs n'ait pas été attirée depuis longtemps sur ce point, qu'un régulateur parfait, obligeant un axe à accomplir sa révolution dans des temps rigoureusement égaux, ne pourra nullement compenser les irrégularités résultant de l'inégalité des dents des roues en relation avec le régulateur. Le régulateur et le rouage de transmission constituent deux appareils distincts, et le premier ne peut être assujetti à corriger les erreurs du second. Naturellement avec un bon régulateur les roues accompliront leur rotation dans des durées de temps toujours égales, mais les diverses parties de leur circonférence parcourront dans ces intervalles de temps égaux des espaces inégaux. La taille régulière des roues est une partie de l'horlogerie de précision dans laquelle, ainsi que nous aurons l'occasion d'y revenir bientôt, la plupart de nos grands constructeurs français sont restés bien faibles.

Indépendamment des conditions de mouvement régulier que doit présenter un appareil enregistreur, il doit satisfaire en outre à cette condition essentielle de pouvoir être animé de vitesses fort différentes. Il y a des cas où il est nécessaire que le cylindre ne fasse qu'un tour par seconde, et d'autres où il ne doit faire qu'un tour en 24 heures. Obtenir cette vitesse extrême avec la plupart des vitesses intermédiaires est une condition difficile à réaliser, mais réalisable cependant comme nous le montrerons. Ce qui est certain, c'est qu'on ne la rencontre dans aucun des appareils sortis des ateliers des constructeurs français.

En théorie, rien n'est plus simple que de donner à un cylindre enregistreur des vitesses très-variables, puisqu'il suffit, comme on le sait, de faire varier le rapport existant entre le nombre des dents des rouages et des pignons. Si par exemple un pignon de 6 dents faisant un tour en une minute, engrène avec une roue ayant dix fois plus de dents, la roue ne fera qu'un dixième de tour pendant que le pignon en exécutera un entier et tournera par conséquent dix fois moins vite. Elle ne fera donc qu'un tour en dix minutes, alors que le pignon en exécutera un en une minute. Ce procédé d'amplification et de réduction de la vitesse des rouages est celui qu'on emploie en horlogerie et dans les divers mécanismes où on a besoin d'un petit nombre de vitesses. S'il en fallait un certain nombre, il faudrait, ou multiplier considérablement le nombre des roues et des axes de rotation, ce qui donnerait une complication excessive à l'appareil, ou faire usage de poulies de diamètres très-différents, ce qui, dans le cas qui nous occupe, constituerait un moyen de transmission peu précis et peu commode.

Il existe un mode de transmission, les roues d'angle à plateau, qui serait bien le meilleur moyen de faire varier la vitesse d'un cylindre enregistreur, si pour fonctionner régulièrement il n'exigeait pas un grand degré de précision dans sa construction et n'était par conséquent fort coûteux. Je ne l'ai encore vu employé que dans des appareils enregistreurs allemands; il parait fort peu connu en France, puisqu'aucun ouvrage n'en fait mention. Il consiste en un disque circulaire parfaitement plan fixé à l'axe du moteur. Sa rotation entraîne un anneau cylindrique ajusté à frottement à l'axe du cylindre. Suivant que cet anneau est plus ou moins rapproché du centre de rotation du disque, la vitesse que prend le cylindre est plus ou moins rapide.

Ces généralités, destinées à montrer les conditions que doivent réaliser les appareils enregistreurs, et la difficulté de les réaliser étant posée, nous pouvons

aborder la description des régulateurs les plus employés aujourd'hui. Tous ceux que nous allons décrire figuraient à la dernière exposition.

Régulateur Foucault. — Cet instrument est destiné à maintenir dans les mécanismes une vitesse constante malgré des variations très-grandes du travail moteur ou résistant. Il en existe plusieurs modèles. Celui employé pour entretenir la régularite de rotation des cylindres enregistreurs est constitué par deux ailettes triangulaires munies de petites masses additionnelles et suspendues au sommet d'un axe en relation avec les rouages d'un mouvement d'horlogerie par un pignon et une roue de champ. Ces deux ailettes, rapprochées à leur base par des ressorts à boudin, peuvent s'écarter plus ou moins sous l'influence de la force centrifuge de façon à décrire pendant leur rotation un cône à base plus ou moins large. Ce mécanisme agit par son poids comme volant, en empêchant les changements brusques de la vitesse, quand le travail moteur ou résistant subissent de brusques variations, et par sa surface, comme régulateur de la marche du rouage par la résistance de plus en plus grande qu'il présente à l'air quand cette vitesse tend à s'accélérer.

Le régulateur de Foucault a été appliqué d'abord à régulariser le mouvement de rotation des lunettes d'astronomie. On l'a appliqué ensuite aux instruments enregistreurs employés en physiologie; il constitue même aujourd'hui le seul régulateur en usage dans les laboratoires. Sa précision, sans être absolue est plus que suffisante pour toutes les recherches physiologiques. En étudiant par la méthode chronographique exposée plus loin la régularité d'un de ces instruments que possède le Collége de France, nous avons constaté que dans la vitesse moyenne les différences de rotations successives ne dépassaient pas 2 ou 3 centièmes de seconde par tour, mais que la durée de rotation des diverses parties de la circonférence du cylindre laissait à désirer. Si on enregistre en effet les vibrations d'un diapason on pourra en trouver le même nombre sur chaque circonférence successive du cylindre, mais des portions égales de ces circonférences, 10 cent. par exemple, n'en contiendront pas le même nombre.

Abstraction faite de ces irrégularités communes à la plupart des appareils enregistreurs et dont j'expliquerai bientôt la cause, je ferai aux appareils enregistreurs munis du régulateur Foucault deux reproches importants. Le premier est leur prix excessif (600 fr.) que rien, suivant moi, dans leur construction très-simple ne justifie et qui interdit leur emploi à la plupart des laboratoires français si pauvrement dotés, et cela d'autant plus qu'il faut tripler la somme qui précède pour avoir les accessoires, diapason chronographique, chariot, etc., indispensables aux moindres recherches. Le second reproche que je ferai aux cylindres enregistreurs à régulateur Foucault c'est qu'ils ne peuvent prendre que 3 ou 4 vitesses différentes. Cette dernière critique est très-importante, car les recherches que l'on peut faire dans un laboratoire exigent des appareils susceptibles de pouvoir être animés de vitesses très-variables. En physiologie, par exemple, il faut que le cylindre puisse prendre des vitesses d'un tour par seconde pour les expériences sur le système nerveux, d'un tour par minute pour la myographie, d'un tour par heure pour la circulation, d'un tour par 24 heures pour la température.

Régulateur Yvon Villarceau. — En appliquant les ressources de l'analyse mathématique à la théorie des régulateurs, M. Yvon Villarceau est parvenu à créer un régulateur très-répandu aujourd'hui et qui est le plus parfait de ceux existant actuellement. Sa théorie étant entièrement mathématique et ne pouvant être exposée sans des détails fort longs, je ne la donnerai pas ici et me bornerai à reproduire la figure de l'instrument. A en juger par les graphiques

que m'a montrés M. A. Bréguet, il semble bien supérieur au régulateur Foucault.

Les deux ailettes qu'on voit sur la figure et les tiges de réglage qu'elles portent sont reliées à la partie inférieure de la tige articulée qu'on voit au-dessus. Quand la rotation s'effectue, les ailettes et les masses s'écartent en vertu de la force centrifuge, les tiges articulées se redressent et la douille centrale mobile à laquelle elles sont fixées se relève.

Le régulateur Yvon Villarceau est surtout employé à régulariser les mouvements d'instruments astronomiques. Il a été employé dans l'expédition au Japon pour l'observation du passage de Vénus. M. Cornu en a fait usage pour régulariser la marche des cylindres enregistreurs dans ses expériences sur la vitesse de la lumière, La précision de cet instrument est assez grande puisque après plusieurs rotations il n'y ait que quelques centièmes de seconde d'écart, mais en examinant les tracés graphiques obtenus avec cet appareil au moyen d'un chronographe qui vient pointer toutes les secondes un signal sur le cylindre en rotation, on reconnaît que les signaux ne viennent pas à chaque tour se placer exactement aux mêmes points de la circonférence du cylindre, ce qui démontre que si la durée de révolution du cylindre est constante, les diverses parties de la circonférence ne sont pas parcourues en des temps rigoureusement égaux.

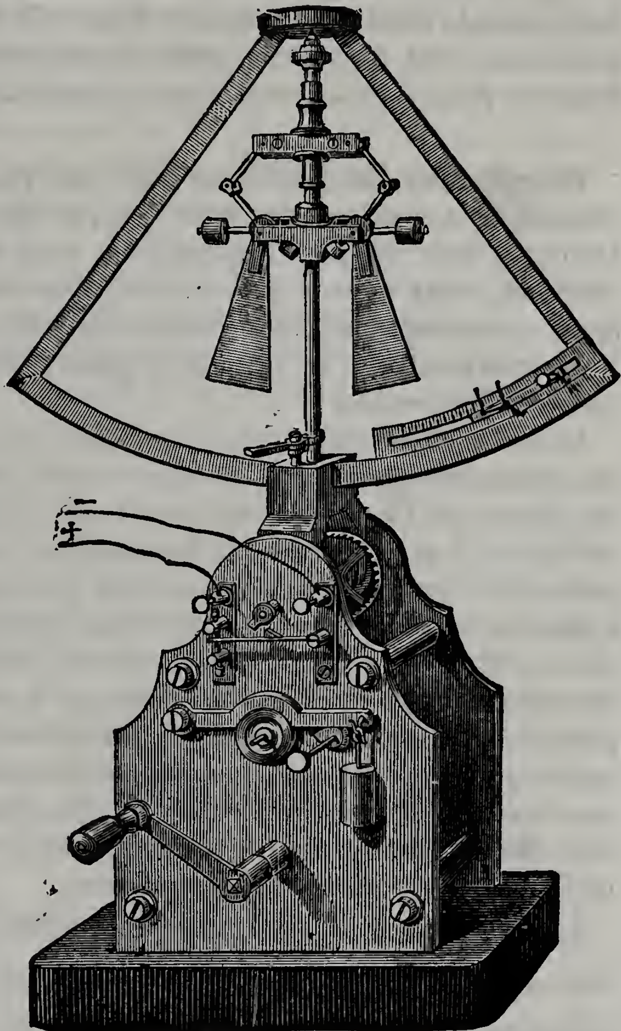


Fig. 21. — Régulateur de M. Yvon Villarceau.

M. Yvon Villarceau attribue ces irrégularités à l'imperfection de la taille des roues dentées qu'emploi son constructeur. M. Wolff astronome de l'Observatoire m'a assuré que deux constructeurs bien connus, Eichens et Henry, fabriquaient pour les lunettes astronomiques des mouvements d'horlogerie qui régularisés par un régulateur Foucault ou Yvon Villarceau lui avaient donné par la méthode d'enregistrement chronographique dont je parlerai plus loin une précision presque absolue (1).

(1) J'extrais d'une lettre que m'a écrite M. Villarceau au sujet des régulateurs quelques passages contenant des renseignements très-utiles sur cette question de l'irrégularité de la denture des roues d'horlogerie : « On n'a trouvé d'autre moyen à employer que le suivant : ce moyen, peu connu d'ailleurs, consiste à employer des bagues de bronze pour la construction des pignons du rouage, ce métal ne présentant pas, comme il s'en trouve dans les meilleurs aciers, des grains durs qui résistent par places à l'action de l'outil employé pour fendre les pignons; on obtient ainsi une amélioration considérable. Toutefois on ne saurait, dans l'état actuel des choses, répondre de la parfaite exécution de la denture, et les imperfections subsistantes semblent se révéler par les légères variations de vitesse, que l'on obtient en faisant fonctionner le cylindre

Je ferai remarquer du reste que si la régularité de rotation des axes a une grande importance pour certains appareils astronomiques ou pour les expériences, où la vitesse d'un phénomène se déduit de l'espace parcouru par le cylindre enregistreur entre deux signaux ; cette régularité a, dans l'immense majorité des cas, perdu beaucoup de son intérêt depuis qu'on a appris à mesurer le temps qui s'écoule entre le commencement et la fin d'un phénomène, par le nombre de vibrations inscrites sur le cylindre dans le même temps. La précision qu'on obtient alors, ferait-on même usage comme moteur du cylindre du plus imparfait des tourne-broches, est supérieure à celle qu'on obtiendrait sans le secours du diapason avec les appareils qu'on vend aujourd'hui aux laboratoirs de physiologie sous le nom de régulateur Foucault et qui depuis la mort de cet illustre physicien sont construits avec une imperfection qui permettrait de les vendre pour un prix 4 ou 5 fois moindre que celui qu'on en demande maintenant (1).

Régulateur des docteurs Noël et Gustave Le Bon. — En se reportant aux conditions énoncées plus haut, auxquelles doit satisfaire un appareil enregistreur, et dont les plus importantes sont un mouvement régulier et une vitesse variable, nous voyons que si les régulateurs qui précèdent, celui d'Yvon Villarceau notamment réalisent suffisamment les deux premières de ces conditions ; ils ne réalisent pas la dernière, puisqu'ils ne peuvent guère prendre que trois vitesses différentes.

Dans les expériences physiologiques qui ont été l'origine de la construction de l'appareil que je vais décrire et qui a figuré à l'Exposition universelle dans la vitrine de l'École des hautes études (2), nous avions besoin de vitesses très-variables. Les appareils qui donnent ces vitesses variables n'existant pas, nous avons été conduits à les créer. Ce qui devait d'abord être un travail accessoire a fini par nous demander plus d'une année de recherches mécaniques fort coûteuses, et nous a conduit à une série de transformations importantes dans la construction des appareils enregistreurs et de leurs accessoires. Je ne décrirai dans ce paragraphe que notre appareil enregistreur universel. Nous l'avons qualifié ainsi parce que pouvant marcher horizontalement ou verticalement avec un grand nombre de vitesses différentes, il peut être utilisé pour toutes sortes de recherches. Malgré cette supériorité sur les anciens appareils, son prix de revient est moitié moindre que celui de Foucault.

La description du mouvement d'horlogerie proprement dit étant sans intérêt,

---

enregistreur dans des conditions où l'état du régulateur et celui des charges motrices restent parfaitement identiques ; les différentes parties du rouage, qui fonctionne dans ce cas, suffisent vraiment pour accuser les légères discordances dont il s'agit.

« L'attention étant dirigée de ce côté, il n'est pas douteux qu'on ne parvienne, en soignant davantage l'exécution de la denture des roues et des pignons, à faire disparaître les légères irrégularités qui peuvent encore se rencontrer : c'est l'affaire des horlogers. Ajoutons que, dans la construction du rouage, on emploie pour la denture les *mêmes outils à refendre* que pour les anciens rouages qui n'étaient pas destinés à des appareils d'une précision comparable à celle que le nouveau régulateur peut atteindre. »

(1) Le premier régulateur que nous avons construit sur le type de celui de Foucault nous est revenu, avec le cylindre enregistreur, à un prix qui permettrait de le vendre 150 francs avec un bénéfice très-suffisant pour le fabricant.

(2) Bien que cet instrument ait figuré dans l'exposition du ministère de l'instruction publique, je crois devoir dire que les frais élevés qu'a entraînés sa construction ont été supportés uniquement par le dr Noël et moi, et n'ont grevé le budget d'aucun laboratoire. C'est seulement du reste parce que mon collaborateur était préparateur de notre regretté maître Claude Bernard, que j'ai fait figurer ces appareils dans la vitrine réservée au laboratoire de l'éminent physiologiste.

je ne m'y arrêterai pas, et me bornerai à dire que nous l'avons simplifié autant que possible, ce qui est une condition de bon fonctionnement. Trois roues et une vis sans fin commandées par les régulateurs constituent sa partie fondamentale. Bien que l'emploie d'une fusée ne fût pas indispensable, le régulateur pouvant parfaitement compenser des écarts très-variables de la force motrice, nous n'avons pas cru devoir renoncer à la ressource fournie par son emploi. On sait que ce mécanisme, dont Arago disait qu'il est une des plus belles inventions de l'esprit humain, et qui est en usage encore dans les chronomètres, a pour but de compenser la diminution de force qu'éprouve le ressort à mesure qu'il se déroule. Il consiste, comme personne ne l'ignore à transmettre la force du ressort aux rouages au moyen d'une poulie conique dentée à sa base sur laquelle s'enroule une chaîne attachée au barillet dans l'intérieur duquel est fixé le ressort. Quand ce dernier a le maximum de force, c'est-à-dire quand il est enroulé entièrement il tire sur la chaîne par le sommet de la poulie, et agit par conséquent par un bras de levier très-court, ce qui exige une grande dépense de force. A mesure qu'il se détend, c'est-à-dire que sa puissance diminue, la chaîne se déroulant du sommet de la poulie vers sa base agit sur des bras de levier de plus en plus longs, et a par conséquent une force de moins en moins grande à dépenser pour mettre la fusée en mouvement. Le calcul et l'expérience font connaître la proportion à établir entre les dimensions de la poulie et l'intensité de la force élastique du ressort pour égaliser la puissance de ce dernier dans tout son parcours.

Les axes des trois roues qui constituent le mouvement d'horlogerie se prolongent au dehors et sont mis en relation avec le cylindre enregistreur par un mécanisme très-simple représenté sur le dessin de l'instrument fig. 22, qui a pour but d'empêcher ce cylindre de peser de tout son poids sur l'extrémité des axes de rotation, disposition extrêmement mauvaise qu'on s'étonne de trouver dans tous les enregistreurs actuels, et qui entraîne rapidement leur usure.

La combinaison qui permet de faire varier la vitesse du cylindre dans des limites très-grandes, sans multiplier indéfiniment les rouages, consiste dans l'emploi alternatif d'un double régulateur, l'un à ailettes, l'autre à pendule biconique, qu'on fait agir séparément à volonté, en poussant simplement sur un bouton. Le mouvement d'horlogerie engrène alors avec celui des deux régulateurs dont on a besoin.

Le régulateur à ailettes rappelle un peu par son aspect celui employé dans les phares. Deux boules disposées comme l'indique la figure sont fixées à des leviers articulés et s'écartant par l'action de la force centrifuge, font ouvrir en même temps plus ou moins deux ailes qui, horizontales au repos, tendent à devenir verticales quand le système est en mouvement. Ce régulateur est employé lorsqu'il s'agit de donner au cylindre enregistreur des vitesses rapides.

Pour les vitesses plus lentes, nous avons adopté le pendule biconique qu'on met en relation avec le rouage moteur par l'action du bouton mentionné plus haut. Le mouvement qui fait embrayer un des deux régulateurs fait en même temps désembrayer l'autre.

Les boules étant mobiles, on peut les rapprocher ou les éloigner de leur centre de suspension, ou supprimer une d'elles et faire varier ainsi leur vitesse. Plus on rapproche les deux boules de leur centre de suspension plus le mouvement est rapide, plus on les éloigne plus il devient lent.

Enfin, pour les vitesses très-lentes, un tour en 24 heures, par exemple, on interpose au moyen d'un ajustage à frottement une roue dentée entre l'axe le plus lent et le cylindre enregistreur. Par ces combinaisons diverses nous obtenons des vitesses fort différentes comme on le voit par le tableau suivant :

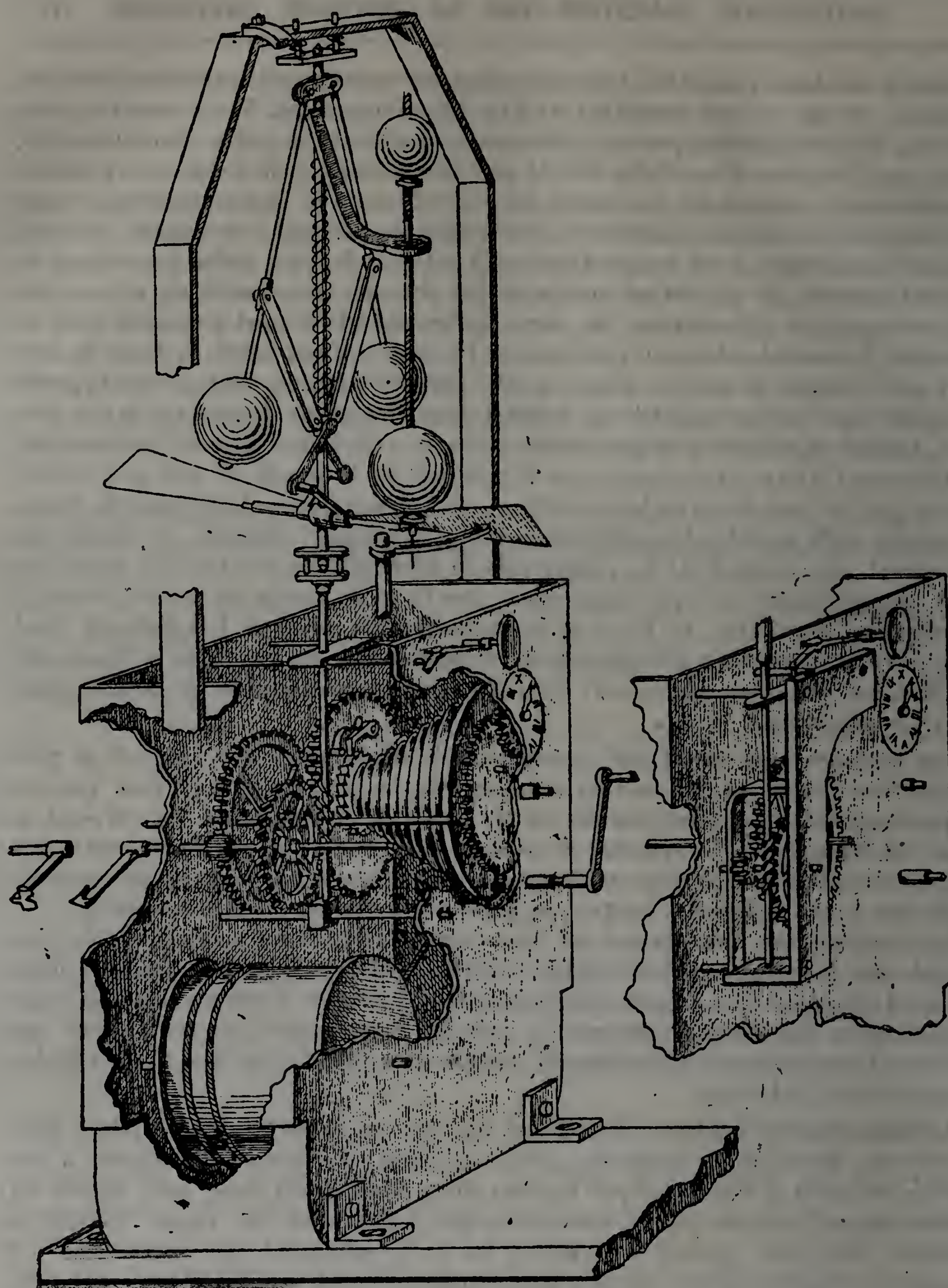


Fig. 22. — *Régulateur à vitesses variables des Drs G. Noël et Gustave Le Bon.*

Sur la grande figure on voit le mouvement d'horlogerie, principalement composé d'un barillet et d'une fusée qui porte une roue dentée sur laquelle engrène le pignon du remontoir. Cette roue dentée porte une goupille qui agit à chaque tour sur la roue d'un compteur destiné à faire connaître à chaque moment le degré de tension du ressort. — La fusée entraîne une 1re roue qui elle-même commande par un pignon la roue de vis sans fin. C'est à cette vis sans fin qu'est fixé le régulateur. Sa construction rappelle celle du pendule conique de Watt seulement la bague intérieure au lieu d'agir sur une valve, agit par un petit parallélogramme articulé, sur deux ailettes dont l'inclinaison peut varier dans des limites très-grandes. Sur la droite du dessin on voit un mouvement d'horlogerie supplémentaire composé d'une roue dentée liée à l'axe de la roue 2e du grand mouvement, et d'une roue de vis sans fin avec sa vis. Cette roue peut s'engrèner ou non avec les premières suivant que par l'intermédiaire d'un mécanisme entraîné par un petit verrou, la cage qui porte ce système est plus ou moins avancée. — La vis sans fin du volant à boules peut également être désembrayée ou embrayée par pression sur un bouton agissant sur un levier coudé, de telle sorte que l'embrayage de l'un des régulateurs, celui à boule, par exemple, est accompagné dans tous les cas du désembrayage; de l'autre, c'est-à-dire dans ce cas de celui à pendule biconique. On se sert à volonté de l'un ou l'autre des deux régulateurs suivant qu'on désire un mouvement lent ou rapide. — On voit sur la gauche du dessin les 2 pièces qui permettent de communiquer au cylindre les mouvements des différents axes.

1 tour du cylindre en	4 sec.	environ (régulateur à ailettes, cylindre sur l'axe rapide).
—	30 sec.	environ — cylindre sur l'axe moyen).
—	3 min.	environ — cylindre sur l'axe lent.
—	5 min.	environ (pendule biconique avec boules éloignées, cylindre sur l'axe rapide).
—	20 min.	environ (pendule biconique avec boules rapprochées, cylindre sur l'axe moyen).
—	30 min.	environ (pendule conique avec une seule boule placée très-bas, cylindre sur l'axe moyen).
—	40 min.	environ (pendule biconique avec boules très-éloignées, cylindre sur l'axe moyen).
—	2 h. 15 min.	environ (pendule biconique avec boules très-éloignées, cylindre sur l'axe lent).
—	24 h.	environ (pendule biconique avec roue et pignon supplémentaires).

Dans les appareils enregistreurs ordinaires quand on veut faire fonctionner le cylindre verticalement, il faut placer horizontalement le système

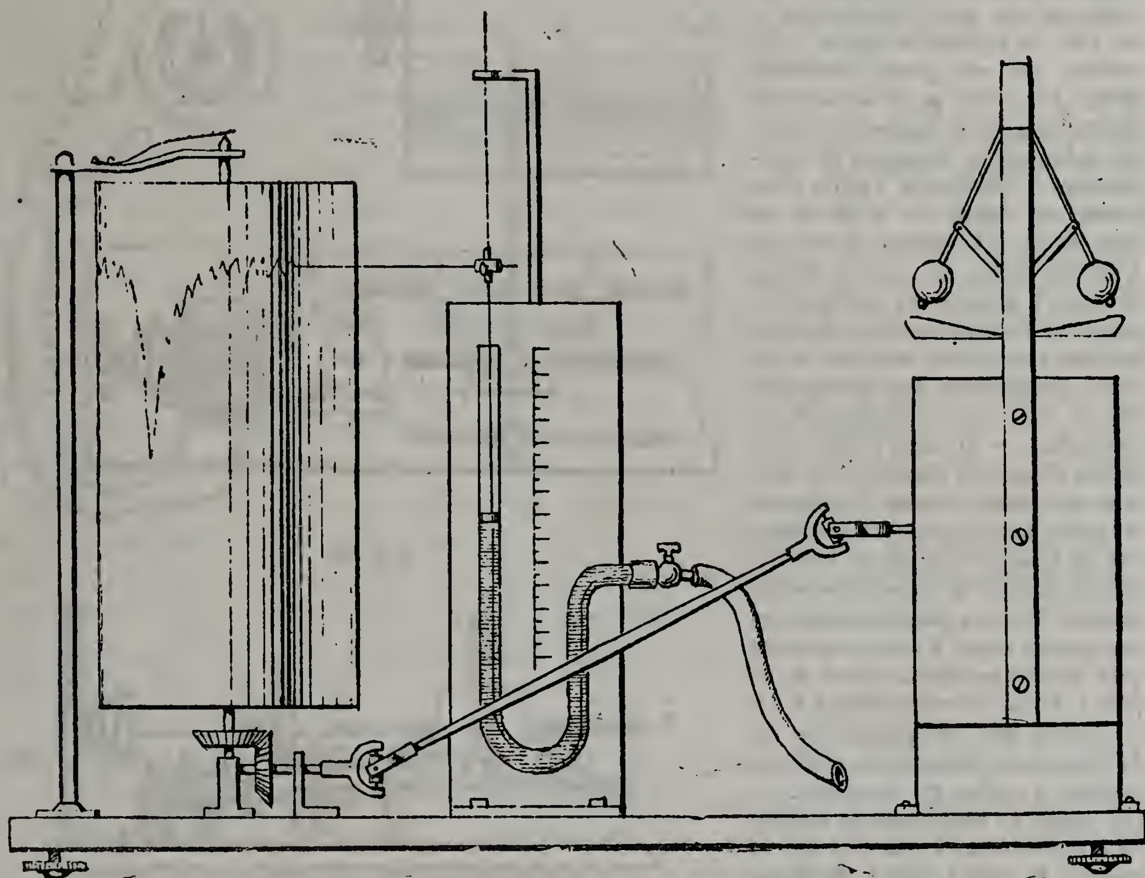


Fig. 23. — *Appareil enregistreur des Drs G. Noël et Gustave Le Bon disposé de façon à ce que le cylindre soit vertical.*
Dans la disposition représentée sur la figure, le cylindre enregistre les variations de pression d'un manomètre.

d'horlogerie. Il arrive alors qu'en raison des frottements qui s'établissent l'appareil fonctionne très-irrégulièrement et s'arrête généralement au bout de quelques instants. Or, dans certaines expériences il est indispensable d'avoir un cylindre vertical. Pour obtenir ce résultat sans déplacer le mouvement d'horlogerie, il suffit dans notre appareil de monter le cylindre dans un support spécial qui se trouve à l'extrémité de l'instrument et le mettre en relation avec le mécanisme d'horlogerie au moyen d'un joint articulé (fig. 23). Avec un seul joint articulé la transmission n'est pas aussi rigoureusement régulière

qu'avec deux joints; mais comme on ne fait usage du cylindre vertical que dans des expériences n'exigeant pas une précision absolue, cette complication dans la transmission nous a paru inutile.

Pour utiliser toute la longueur du cylindre, nous promenons les appareils enregistreurs à leur surface par un chariot mis en relation avec les axes de rotation par des poulies à plusieurs gorges. Suivant le phénomène à enregistrer on peut obtenir à volonté une translation plus ou moins rapide du chariot, et par suite un écartement plus ou moins grand des lignes inscrites. Cette disposition fort simple avec le chariot particulier que nous employons dispense de l'emploi fort coûteux du polygraphe, mécanisme d'horlogerie qui entraîne une bande de papier sans fin devant le levier enregistreur.

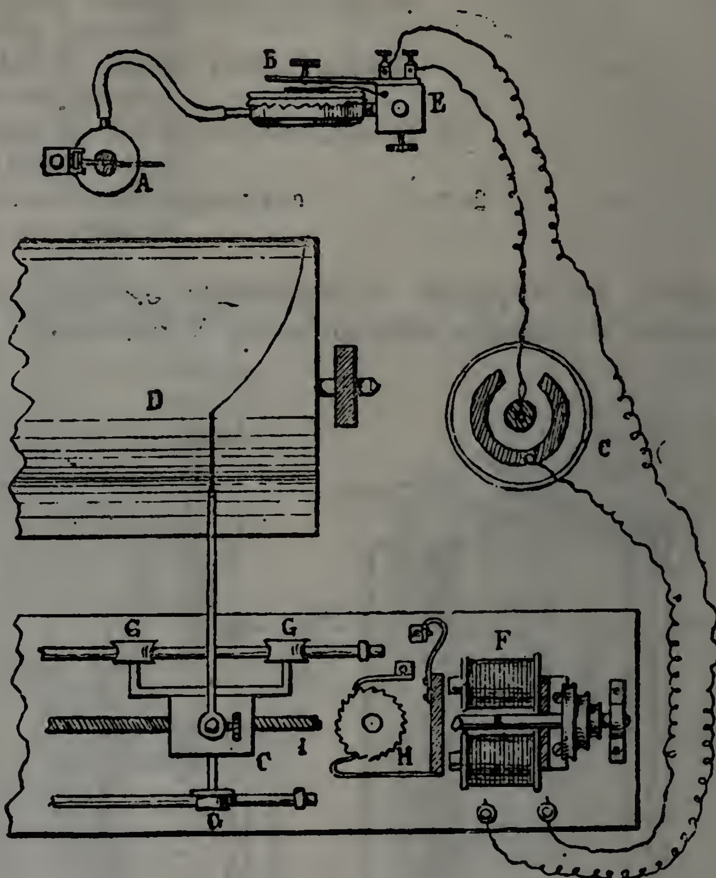


Fig. 24.

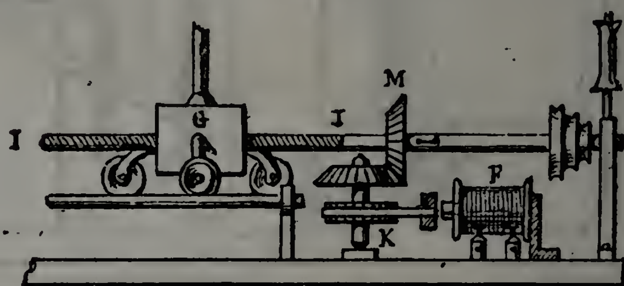


Fig. 25.

Fig. 24 et 25. — *Chariot inscripteur des Drs G. Noë et G. Le Bon.*

Cette figure représente le chariot qui promène les appareils inscripteurs sur toute la surface du cylindre. Il peut être animé soit par une vis sans fin qui reçoit son mouvement du régulateur par une poulie à 3 gorges, soit par un ruban qui s'enroule sur un petit cylindre fixé à un axe du régulateur après s'être réfléchi sur une poulie verticale. Enfin, l'appareil peut se mouvoir électriquement et donner des courbes indiquant la fréquence des phénomènes à répétition rapide dans l'unité de temps. — I est la vis sans fin et C le chariot porté par 3 galets GGG; la vis est coupée de façon à montrer les parties sous-jacentes. F électro-aimant agissant par son armure sur une roue à rochet, qui transmet son mouvement par un engrenage conique à la vis elle-même. — D est le cylindre sur lequel s'inscrit la courbe. — A tambour sur lequel s'exerce l'action de la cause périodique : il transmet par un tube de caoutchouc l'impulsion qu'il reçoit à la membrane du tambour B : son gonflement amène un contact entre 2 pièces métalliques faisant partie du circuit de la pile C et de l'électro-aimant F; il en résulte qu'à chaque pression en A, le courant passe et une dent de la roue à rochet est entraînée. — La figure 24 représente le chariot vu latéralement; I vis sans fin, G chariot, K roue à rochet, M engrenage conique et F électro-aimant.

Des dispositions particulières que nous examinerons dans d'autres parties de ce travail permettent d'employer ce chariot pour les expériences de myographie et l'enregistrement des courbes de fréquences, c'est-à-dire des courbes destinées à indiquer combien de fois un phénomène se produit dans un temps donné. Si notre appareil était appliqué à la météorologie, son chariot pourrait être fort utile, car il permettrait d'employer la même feuille pendant plusieurs jours. En laissant 5 centimètres entre chaque tracé, elle pourrait servir environ pendant cinq jours.

Le contrôle de la régularité de notre appareil enregistreur a été constaté par la méthode graphique. Il ne faut pas se borner dans cette expérience à reconnaître au moyen d'un chronographe que le cylindre fait exactement un tour complet dans un temps donné, il faut, comme je l'ai fait remarquer, que chaque portion de la circonférence parcourt des espaces égaux dans le même temps. Quand son mouvement est uniforme, les sinuosités que trace à sa surface un diapason vibrant doivent être également espacées. Il suffit donc de prendre une ouverture de compas contenant un nombre quelconque de ces sinuosités, 20 par exemple, et de la reporter sur une autre portion de la même circonférence, pour voir si dans la région imitée par les pointes du compas se trouve le même nombre de vibrations.

Quand nous faisions construire nos régulateurs, notre moyen de vérification était celui-ci : Un chronographe à désaimantation rapide, en relation avec un diapason électrique faisant 100 vibrations par seconde, était entraîné par le chariot de façon à parcourir successivement toute la surface du cylindre. L'opération terminée, on avait une feuille sur laquelle on pouvait vérifier la marche du cylindre pendant tout le temps de sa rotation, et, des irrégularités constatées, déduire la correction à faire subir aux diverses parties de l'appareil. Je recommande ce moyen de contrôle très-simple aux constructeurs.

De nombreuses vérifications ainsi effectuées nous ont prouvé que la marche de nos appareils était suffisamment constante, c'est-à-dire que les variations de vitesse ne dépassaient pas quelques centièmes de seconde, précision de beaucoup supérieure à celle qui est nécessaire, non-seulement bien entendu pour les expériences ordinaires, mais même pour les expériences de haute précision. Il suffit comme je l'ai dit de calculer alors le temps non par l'intervalle qui sépare sur le cylindre deux signaux, mais par le nombre des vibrations d'un diapason enregistrées entre ces deux signaux. Si l'appareil n'a pas fonctionné régulièrement elles seront inégalement espacées, mais leur nombre, c'est-à-dire l'intervalle qui sert à apprécier le temps, sera toujours le même.

Lorsqu'on veut vérifier la marche d'un cylindre animé d'un mouvement lent, la méthode qui précède ne serait pas applicable, parce que les vibrations du diapason seraient trop rapprochées. Il faut alors employer un métronome à air ou électrique comme celui que je décrirai plus loin. Ses battements enregistrés sont alors assez espacés pour qu'on puisse mesurer leurs intervalles, et, de leur égalité ou de leur inégalité déduire la régularité ou l'irrégularité de la marche de l'appareil.

Régulateurs électriques. — Quelques tentatives ont été faites pour adapter les régulateurs électriques aux appareils enregistreurs, mais jusqu'ici elles n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Je n'aurais donc pas mentionné les régulateurs électriques si je n'avais cru intéressant de citer un nouveau régulateur, dont la simplicité est très-grande. Je veux parler de la roue phonique de M. Paul Lacour, instrument qui a figuré à l'Exposition universelle dans la section danoise. Rien n'est plus simple que son mécanisme. Il se compose uniquement d'une roue dentée en fer doux mobile autour d'un axe vertical, et devant laquelle est fixé un petit électro-aimant dont un des pôles peut attirer les dents de la roue sans les toucher. Un courant électrique est envoyé à intervalles rigoureusement égaux dans cet électro-aimant au moyen d'un diapason électrique analogue à celui que nous décrirons plus loin. Il en résulte sur les dents une série d'effets attractifs produits à intervalles égaux, et qui entretiennent avec la plus grande régularité le mouvement de la roue, à la simple condition qu'elle parcourt pour chaque période du courant un chemin égal à la distance séparant deux dents consécutives. La roue phonique

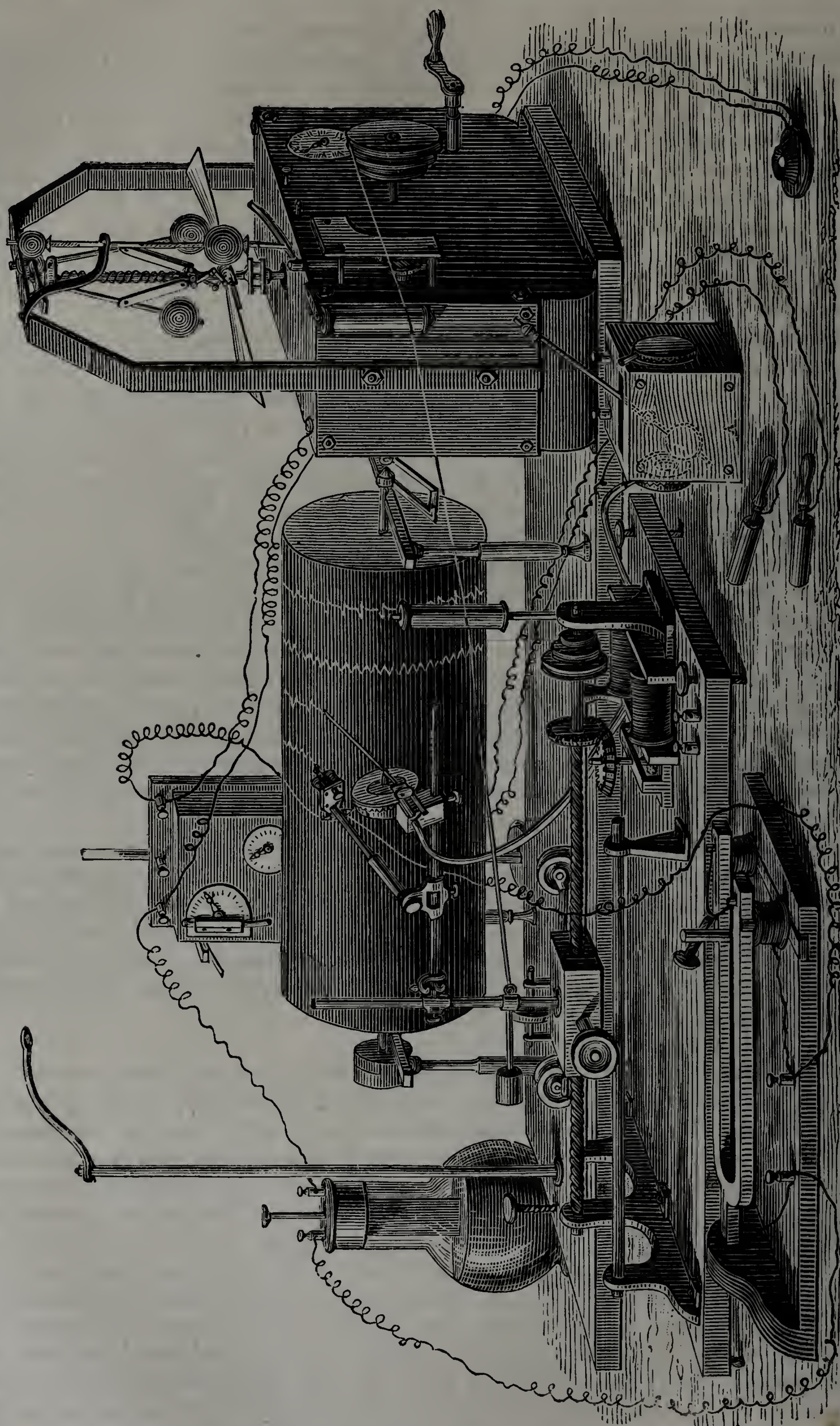


Fig. 26. — *Appareil enregistreur des Drs Noël et Gustave Le Bon. Vue d'ensemble.*
On voit sur le dessin le chronographe, le métronome à air, le chariot et les divers accessoires de l'appareil.

peut surmonter des résistances assez étendues sans perdre de la régularité de son mouvement. On évite du reste les variations de vitesse en fixant à la partie supérieure de l'instrument une capsule cylindrique en bois pleine de mercure.

Je ne crois pas qu'il y ait intérêt à appliquer cet appareil au réglage des enregistreurs ordinaires, mais il y a beaucoup d'expériences dans lesquelles son emploi sera fort utile.

Transmission des mouvements aux appareils enregistreurs. — La transmission des mouvements à enregistrer aux cylindres enregistreurs peut se faire par des procédés différents, suivant les forces dont on dispose. En météorologie les transmissions se font au moyen de leviers ou de mécanismes divers dont nous aurons à parler bientôt dans un autre chapitre. En physiologie, on emploie un mode de transmission extrêmement commode, et dont les physiciens et les mécaniciens pourraient je crois tirer grand parti, je veux parler des transmissions par tubes à air et tambours à leviers.

Ce dernier mode de transmission, imaginé il y a 20 ans par un physiologiste français nommé Buisson, repose sur le principe suivant. Supposons deux entonnoirs en verre fermés par une membrane élastique et réunis par un tube en caoutchouc; plaçons maintenant un de ces entonnoirs sur un corps en mouvement, une artère qui bat ou un muscle qui se contracte, par exemple. Les plus légers mouvements de la membrane seront transmis par le tube en caoutchouc à l'autre membrane; et si on applique sur cette dernière, comme l'avait fait le physiologiste que je viens de citer, un disque surmonté d'une arête sur laquelle appuie un levier fixé à une de ses extrémités, l'autre extrémité de ce levier décrira une série d'oscillations qui pourront être enregistrées en approchant suffisamment l'instrument d'un cylindre en rotation recouvert d'une feuille de papier enduite de noir de fumée.

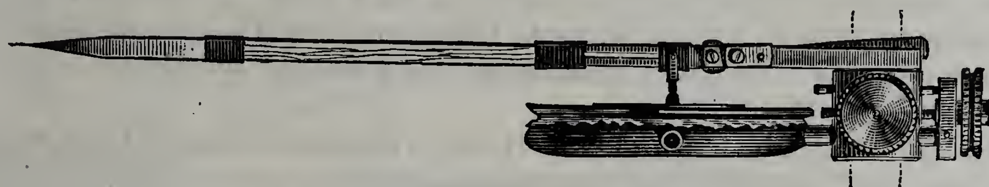


Fig. 27. — Tambour enregistreur de Marey.

M. Marey a perfectionné et rendu plus pratique le petit instrument que je viens de décrire. Il est fâcheux que ses tambours soient vendus par son constructeur un prix excessif et que rien ne justifie du reste, car on peut en faire construire par un ouvrier horloger quelconque pour une somme fort minime. Les prix élevés auxquels sont vendus ces instruments, ainsi que tous ceux du reste de ce savant professeur en rendent l'acquisition fort difficile pour les laboratoires. D'après l'expérience que nous avons acquise en faisant construire des appareils analogues, il nous paraît évident que la plupart d'entre eux pourrait être vendus deux ou trois fois moins chers sans que leur vente cessât d'être très-rémunératrice.

III. — APPAREILS ENREGISTREURS EMPLOYÉS EN PHYSIQUE ET EN MÉTÉOROLOGIE.

Enregistrement de la chute des corps. — Une des premières et des plus intéressantes applications des appareils enregistreurs, fut celle de Poncelet et Morin à l'étude de la chute des corps. Fixant un crayon à un poids tombant parallèlement à un cylindre vertical recouvert d'une feuille de papier et animé d'un mouvement uniforme de rotation, ils obtinrent une courbe dont l'étude permit de formuler la loi cherchée.

Les ordonnées verticales limitées par la courbe tracée par le corps en tombant et correspondant aux abscisses 1, 2, 3, 4, tracées sur le cylindre et représentant les divisions du temps ont en effet des longueurs représentées par 1, 4, 9, 16, etc.,ce qui démontre que les espaces parcourus croissent comme les carrés des temps employés à les parcourir.

L'appareil enregistreur universel, que nous avons décrit plus haut, permet de vérifier fort simplement la loi qui précède et les conséquences qui en découlent et remplacera utilement dans les cabinets de physique pour l'enseignement, le coûteux et encombrant appareil de Morin. Le dispositif à ajouter pour obliger un corps à tracer un mouvement pendant sa chute parallèlement au cylindre vertical serait des plus simples.

Enregistrement des variations du poids des corps. —Diverses balances ont été imaginées pour permettre d'enregistrer les variations de poids des corps, telles, par exemple, que celles d'un liquide qui s'évapore, d'une plante qui s'accroît lentement, etc. Un des instruments les plus ingénieux qui aient été inventés pour enregistrer de telles variations est la bascule à équilibre constant, récemment imaginée, par M. Redier. Elle enregistre d'une façon continue les variations de poids d'un corps quelconque, une bougie qui brûle, un végétal ou un animal qui respirent, etc.

La sensibilité de cette balance tient à l'état d'oscillation constante de son fléau. Elle se compose d'une bascule du commerce portant sur une planchette lui faisant suite, un cylindre enregistreur et son mouvement d'horlogerie H, le rouage différentiel R dont nous parlerons plus loin, et un vase V à moitié plein d'eau. Dans ce vase peut plonger une masse cylindrique en relation avec une poulie R dont les mouvements se transmettent au crayon inscripteur. La théorie de l'instrument est très-simple; si dans un vase plein d'eau placé sur un des plateaux d'une balance on fait plonger une masse quelconque suspendue à un fil, et qu'on place sur l'autre plateau des poids en nombre suffisant pour établir l'équilibre, il suffira de sortir du liquide la masse plongeante pour altérer cet équilibre. Le plongeur cylindrique dont nous avons parlé plus haut agit précisément pour rétablir l'équilibre en s'enfonçant plus ou moins quand un corps est posé sur la bascule. Le fil auquel il est fixé est enroulé sur une poulie et se trouve abaissé ou relevé par cette dernière aussitôt que le plateau éprouve une augmentation ou une diminution de poids. Les rouages avec lesquels la poulie est en relation sont constitués par l'engrenage différentiel que l'auteur emploie dans la plupart de ses appareils enregistreurs et qui lui permet avec un effort petit de produire une force très-grande. Deux rouages pouvant marcher en sens contraire, peuvent faire marcher la poulie en deux sens différents. En agissant sur leur échappement l'extrémité du fléau détermine la mise en liberté du rouage qui doit faire tourner la poulie dans un sens ou dans l'autre.

A l'Observatoire de Montsouris on emploie pour enregistrer l'évaporation de

la terre et des végétaux, un appareil nommé *atmographe*, qui a fonctionné à l'Exposition et qui consiste en une bascule dont la table est placée au-dessus de l'instrument, au lieu de l'être au-dessous. Cette bascule porte la terre ou la

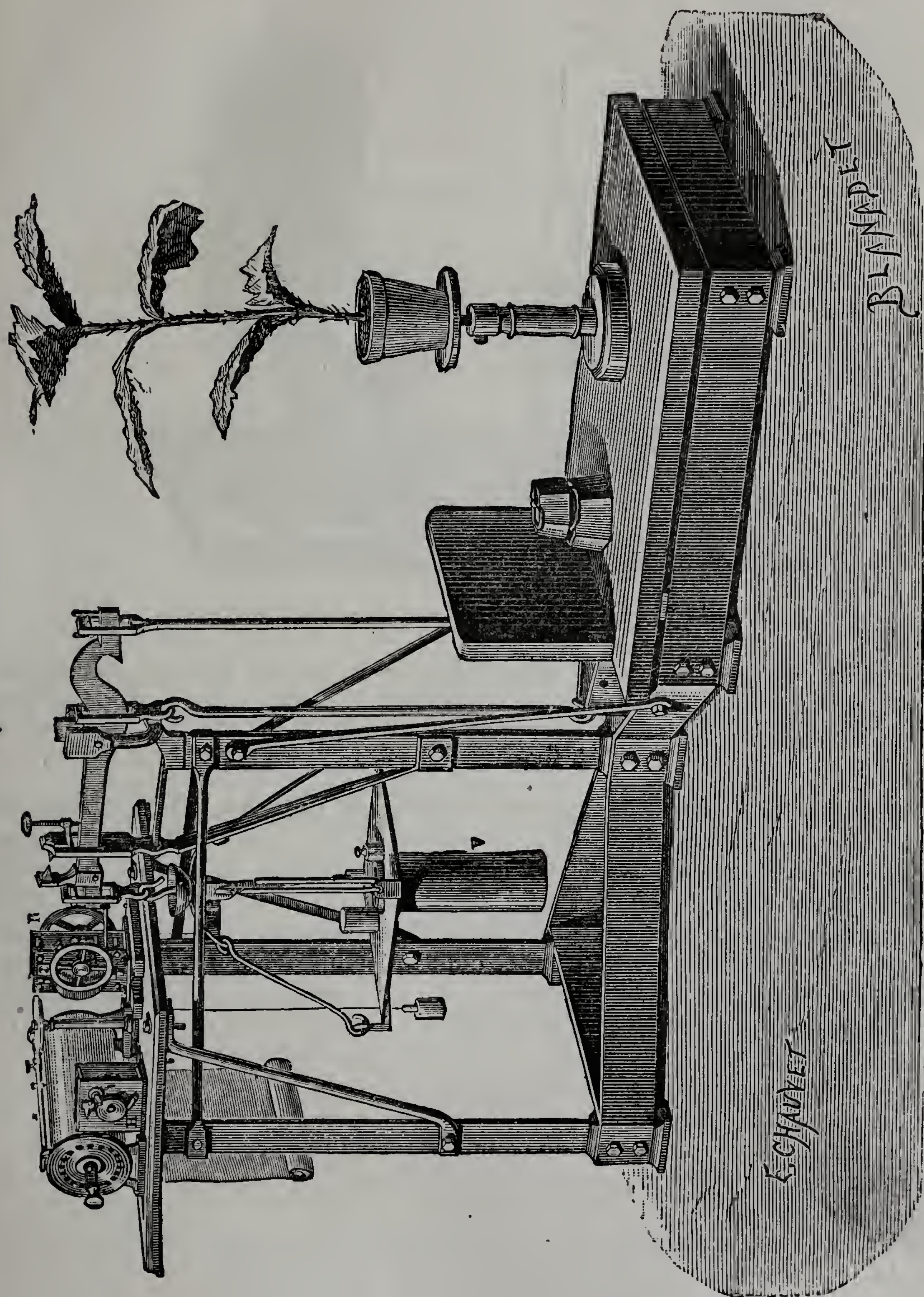


Fig. 28. — Balance enregistrante de Redier.

plante dont on veut mesurer l'évaporation. Les mouvements du fléau sont enregistrés directement par un levier inscripteur fixé à son extrémité. La sensibilité de ce fléau est réglée par un petit appareil composé d'une tringle *a* fixée à la partie supérieure du plateau, et portant à sa partie inférieure un anneau qui entoure le levier enregistreur *b*. A cet anneau est fixée une éprou-

vette *d* contenant du mercure dans lequel plonge une tige de verre *e* assujettie à un support indépendant de l'appareil. Lorsque le plateau de la balance vient à augmenter de poids, l'anneau qui supporte le levier enregistreur et l'éprou-

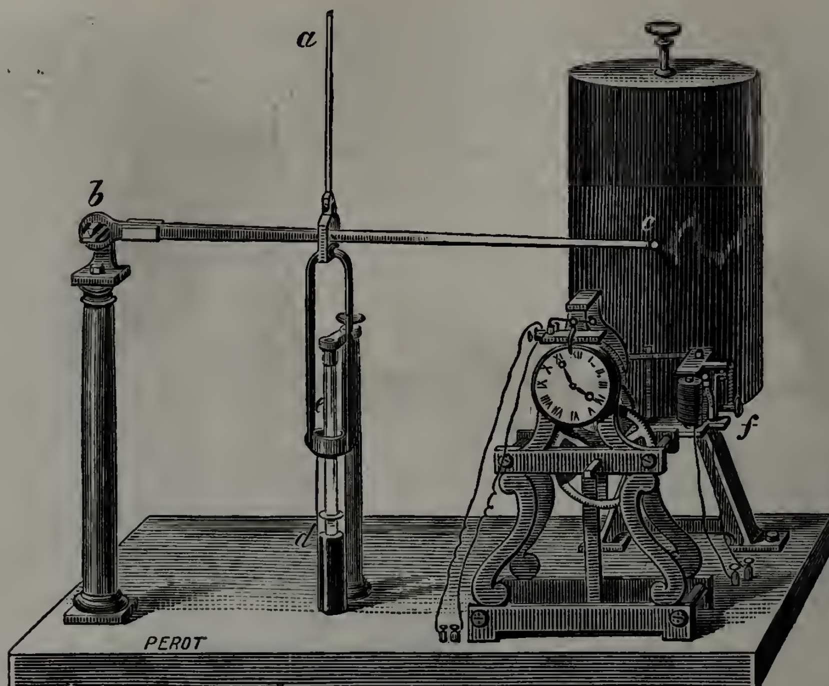


Fig. 29. — *Enregistreur de l'évaporation du sol employé à Montsouris.*

vette soulève cette dernière, le tube plongeur y pénètre plus profondément, elle augmente de poids et l'équilibre se rétablit. Quand le plateau de la balance diminue au contraire de poids, un effet inverse se produit.

Enregistrement des variations de niveau des liquides, de la vitesse de leur écoulement et de leur débit. — Les variations de volume des liquides peuvent s'enregistrer, soit par leur variation de poids au moyen de l'un des appareils que nous venons de décrire, soit par leur changement de niveau, c'est cette dernière méthode qu'on emploie dans les observatoires de météorologie pour enregistrer la quantité de pluie tombée dans un temps donné. Il existe un grand nombre de pluviomètres enregistreurs. Celui qu'on emploie à Montsouris, construit par Bréguet, se compose d'un entonnoir récepteur des eaux pluviales, en relation par un tube placé près du cylindre enregistreur avec un vase contenant un flotteur dont la tige engrène avec une roue dentée. La rotation de cette roue est déterminée par une crémaillère fixée à la tige du flotteur, son axe porte un excentrique en forme de colimaçon sur le pourtour duquel appuie le levier enregistreur. Quand, sous l'action de la pluie, le flotteur se soulève, la crémaillère que porte la tige fait tourner la roue dentée, et naturellement la came fixe sur son axe ainsi que le levier enregistreur qui appuie sur elle. Par suite de la forme en colimaçon de cette came, il arrive un moment où elle abandonne le levier. Ce dernier retombe alors dans sa position primitive, mais étant bientôt repris par la came dans son mouvement de rotation recommence aussitôt son ascension. Cette combinaison a pour but, comme on le voit facilement, d'obliger le levier de revenir au niveau de son point de départ aussitôt qu'il est arrivé au haut du cylindre.

Beaucoup d'autres pluviomètres, tels que ceux du Père Secchi et de M. Hervé Mangon, ont été construits pour divers observatoires, mais ce sont des appa-

reils compliqués et coûteux exigeant l'emploi de l'électricité et ne présentant aucun avantage réel en compensation.

M. le Dr G. Noël, a fait figurer à l'Exposition un appareil fort simple ne coûtant que quelques francs et qui permet d'enregistrer les variations de niveau d'un liquide, avec autant de précision que les appareils les plus coûteux. Il consiste en un entonnoir dans lequel est reçu le liquide, pluie ou autre, dont il s'agit de mesurer les variations de niveau. Le liquide s'accumule dans un vase en U, dont une des branches est en rapport par un tube en caoutchouc avec un des tambours à levier que nous avons décrits. A mesure que le liquide s'élève, l'air se comprime et par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc agit sur le levier du tambour qui trace alors sur le cylindre une ligne ascendante. Arrivé à un certain niveau, l'appareil se vide brusquement par un siphon de Tantale, et le levier descend pour recommencer une nouvelle ascension aussitôt que le liquide recommence à tomber. Une graduation faite expérimentalement d'avance donne le nombre d'oscillations correspondant à une hauteur déterminée du liquide, 1 millimètre par exemple. Les transmissions peuvent se faire entre l'instrument et l'appareil enregistreur par un tube fort long sans que les résultats soient nullement altérés.

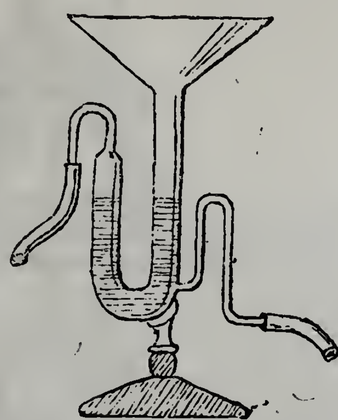


Fig. 30. — Udomètre enregistreur Noël.

L'appareil qui précède pourrait être employé à écrire le débit d'un liquide quelconque. L'étude de la courbe qu'il fournit permet en effet de mesurer le volume écoulé à un moment donné, et par conséquent le degré de régularité plus ou moins grand de l'écoulement. Il est évident, en effet, que si le cylindre enregistreur fait par exemple un tour en 24 heures, il suffit de diviser en 24 parties la feuille enroulée sur lui pour savoir à quel moment correspondra un écoulement donné et son importance à ce moment.

Pour inscrire le changement de niveau des fleuves et des marées on emploie des appareils essentiellement constitués par des flotteurs munis de leviers enregistreur. Le flotteur est placé dans un puits communiquant par un tuyau latéral avec le fleuve ou la mer de façon que l'influence du vent sur l'eau n'arrive pas jusqu'à lui. Plusieurs instruments de cette sorte, notamment le maréographe anglais de Thomson ont figuré à l'Exposition. Dans ce dernier, l'enregistrement du niveau du liquide se fait au moyen d'un crayon. Les heures sont inscrites par un mécanisme qui, en imprimant à chaque heure un mouvement de va-et-vient au crayon enregistreur produit un crochet dans la courbe. Des appareils analogues peuvent servir à mesurer les variations de débit d'un liquide quelconque. L'appareil se compose alors d'un tube en U dans une des branches duquel arrive le liquide dont il s'agit de mesurer l'écoulement, l'autre branche contient un flotteur surmonté d'un levier inscripteur. Suivant la section des deux tubes on peut faire varier à volonté la sensibilité de l'appareil. On comprend en effet que plus la section transversale du cylindre recevant le liquide sera grande, relativement à celle du cylindre contenant le flotteur, plus il faudra que le premier reçoive de liquide pour produire une variation de niveau du second, et réciproquement.

L'instrument ayant été expérimentalement gradué, le volume versé à un moment quelconque est indiqué par la hauteur de l'ordonnée de la courbe correspondant à la division du temps. L'addition de toutes les quantités versées dans un temps donné, fera connaître la vitesse de l'écoulement pendant cette période.

Enregistrement des variations de température. — Plusieurs instruments fondés sur des principes différents permettent d'enregistrer les variations de température. Leur description figurant dans tous les traités de physique, je me bornerai à mentionner les plus nouveaux parmi ceux qui ont figuré à l'Exposition. Un des plus simples est le thermomètre enregistreur construit par notre éminent constructeur Salleron, sur le principe trouvé par M. Bourdon de la déformation des tubes en spirale sous l'influence des variations de température et de pression. Ce thermomètre enregistreur consiste en un tube métallique rempli d'alcool hermétiquement fermé, aplati et tordu autour de son axe de façon à former une sorte de tire-bouchon à spires très-allongées. Ce tube est

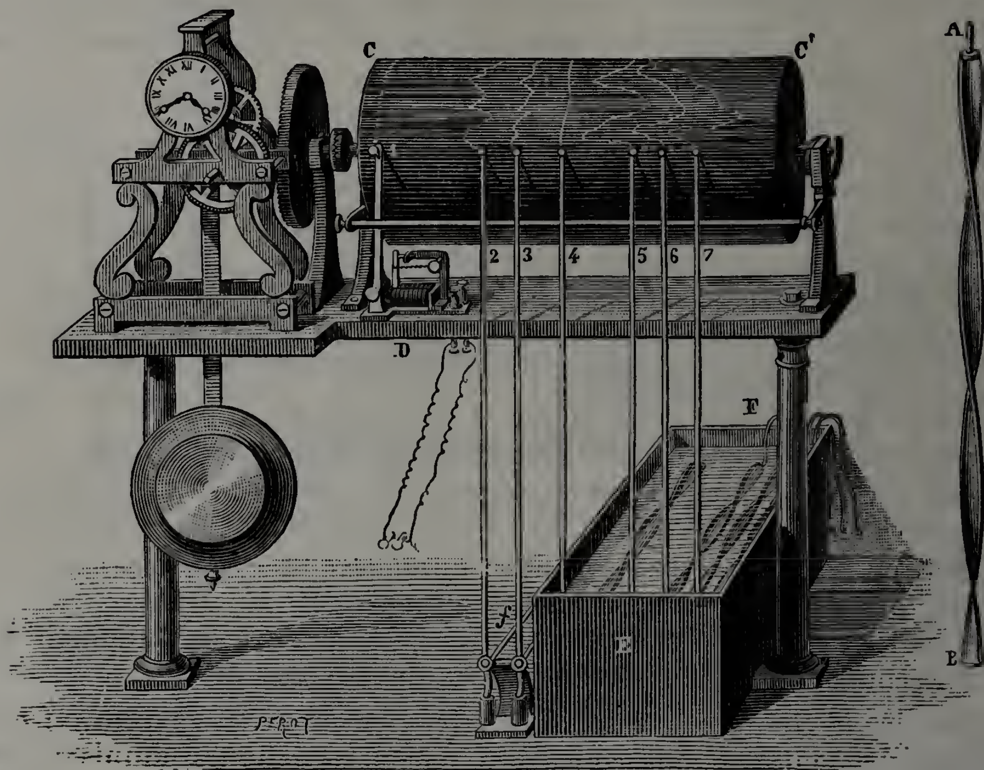


Fig. 31. — *Thermomètre enregistreur à tubes torses employés à Montsouris.*

Ce thermographe comprend 7 aiguilles dont la réunion constitue trois appareils de sûreté : un psychromètre, un thermomètre donnant la température du sol et un actinomètre. — L'aiguille n° 1 mue par un électro-aimant trace les heures sur le cylindre C C'. L'aiguille n° 2 est en rotation avec le thermomètre sec à tube torse *f*; un de ces thermomètres est figuré en A B. L'aiguille n° 3 est en relation avec un thermomètre semblable au précédent, mais maintenu toujours humide. L'ensemble de ces aiguilles 2 et 3 constitue le psychromètre. Les aiguilles 4 et 5 donnent la température de la surface du sol. Elles sont en relation avec deux thermomètres semblables aux précédents, plongés dans un bain de glycérine E F communiquant par des tubes capillaires avec les thermomètres placés au dehors, à la surface du sol. Les aiguilles 6 et 7 correspondent à deux thermomètres, l'un en argent, l'autre noirci renfermés chacun dans un tube ou on a fait le vide, et placés au soleil. Ils constituent un actinomètre enregistreur.

fermé à une de ses extrémités, l'autre est libre et munie d'une aiguille en rapport avec un cylindre enregistreur. Lorsque la température s'élève la dilatation de l'alcool qui le remplit, le détord d'un angle proportionnel à la dilatation du liquide et dont l'aiguille indique l'étendue. On gradue l'instrument en comparant sa marche avec celle d'un thermomètre étalon. La longueur du tube est de 30 centim., son épaisseur totale de 3 millim., sa capacité interne de 20 cent. cubes. On voit un de ces tubes isolés réprésenté en A B, fig. 31.

M. Redier, a construit un nouveau thermomètre enregistreur beaucoup moins simple que le précédent, mais plus sensible. Il est basé sur l'amplification de la dilatation qu'éprouve un tube métallique sous l'influence des moindres chan-

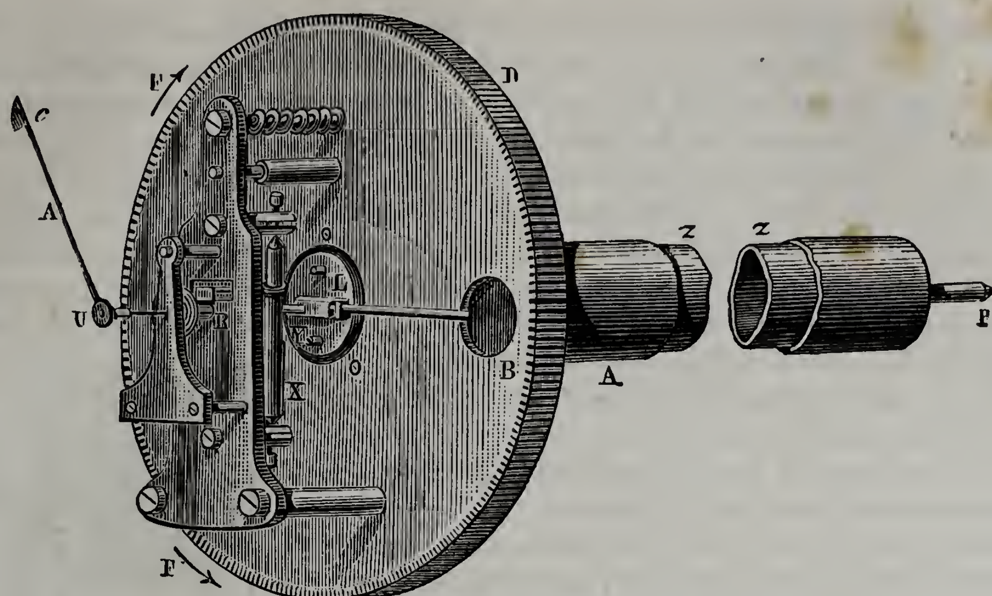


Fig. 32. — Thermomètre enregistreur de Redier.

Fig. 33. — Thermomètre enregistreur de Redier. Vue d'ensemble de l'appareil.

gements de température. Je reproduis le dessin de cet instrument et sa description. La figure 32 représente l'organe thermométrique. Un tube extérieur d'acier A porte une roue dentée D sur laquelle se trouve monté le mécanisme multiplicateur du thermomètre. A l'intérieur de ce tube A se trouve un tube de zinc Z s'ajustant librement dans le premier.

Ces deux tubes ont une longueur de $0^m,70$ et sont soudés l'un à l'autre à l'extrémité P. C'est la différence de la dilatation du tube d'acier sur le tube de zinc qui fera marcher l'aiguille thermométrique A terminée par un crochet C destiné à actionner un rouage différentiel mû par un poids, et auquel est empruntée la force motrice auxiliaire nécessaire pour mettre en jeu le mécanisme enregistreur. La roue dentée D est destinée à faire tourner à droite et à gauche l'instrument thermométrique, de façon à accrocher ou à décrocher l'aiguille A.

Si la température s'élève, l'aiguille A va vers la droite (fig. 33), libère le volant V, et le rouage inférieur N tourne en entraînant la poulie et le fil F de façon que le crayon K va vers la gauche. Ce rouage en entraînant D tourne jusqu'au moment où l'aiguille est raccrochée en V. Si la température s'abaisse, l'aiguille maintient le volant V arrêté; l'échappement E entraîne la poulie en sens contraire ainsi que la roue dentée D de façon qu'il arrive un moment où le volant devient libre. Si la température reste constante, la roue D fait de petites oscillations et le crayon trace une ligne composée de stries très-fines et invisibles parallèles à celle des heures.

La figure 34 représente l'équipage différentiel que M. Redier applique à tous ses appareils enregistreurs et qui lui permet d'obtenir un effet très-grand avec une force très-petite. Il se compose de deux moteurs M N dont l'un tourne avec une vitesse double de l'autre, un de ces moteurs se termine par un échappement de chronomètre, l'autre par un volant. Ils sont reliés par un train R'RS disposé de façon à faire tourner dans un sens l'axe AA et la roue P qui lui est fixée quand c'est un des moteurs qui marche et dans un autre sens le même axe quand c'est l'autre moteur qui fonctionne.

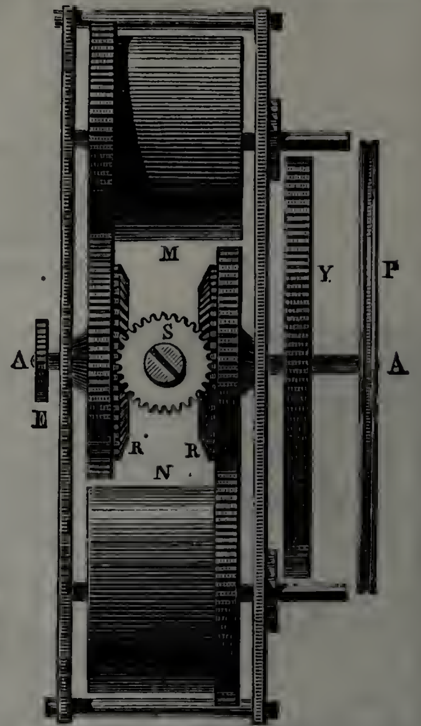


Fig. 34. — Équipage différentiel des appareils enregistreurs, Redier.

Le thermomètre que nous venons de décrire est d'une sensibilité extrême, les deux tubes zinc et acier n'ayant que deux dixièmes de millimètre d'épaisseur. Le degré est représenté par cinq millimètres dans les instruments ordinaires. Si l'on veut éloigner l'action thermométrique de l'enregistreur, de façon à apprécier les variations de température d'une source de chaleur éloignée, il suffit d'allonger suffisamment le tube d'acier et de zinc.

Enregistrement des variations de pression. — L'enregistrement des variations de pression se fait au moyen de baromètres enregistreurs et de manomètres. Le plus simple et le moins coûteux des enregistreurs barométriques est constitué pour une boîte de baromètre métallique en relation avec un levier enregistreur. Cet appareil qu'on pourrait construire d'une façon très-économique mérite d'être recommandé aux petits observatoires météorologiques.

M. Redier a appliqué au baromètre l'idée de l'équipage différentiel utilisé déjà dans son thermomètre enregistreur. Il se compose d'un baromètre à siphon portant sur sa courte branche un levier actionnant le double mouvement

d'horlogerie qui produit la force nécessaire pour déterminer l'enregistrement. Cet instrument est précis, mais très-coûteux.

On emploie quelquefois comme baromètre enregistreur un instrument nommé baromètre-balance, dont l'invention remonte au XVIIe siècle. Il a été adopté par le P. Secchi pour son météorographe. M. Salleron en a construit un modèle très-perfectionné pour l'Observatoire de Montsouris. Ce dernier consiste essentiellement en un tube barométrique à cuvette ordinaire suspendu à un des bras d'une balance, et pouvant monter et descendre librement dans sa cuvette. Le fléau est muni d'un levier enregistreur. Quand la pression augmente, le mercure s'élève dans le tube barométrique, ce dernier augmente de poids, l'équilibre est rompu, et le baromètre s'enfonce dans la cuvette entraînant le fléau et le levier enregistreur. Quand la pression diminue au contraire, la portion du liquide qu'il contenait s'écoule dans la cuvette, et le fléau est entraîné dans l'autre sens.

Lorsqu'il s'agit d'enregistrer des variations de pression supérieures à la pression atmosphérique, on emploie les instruments nommés manomètres. Rien n'est plus simple que de transformer un manomètre ordinaire en manomètre enregistreur. En ce qui concerne les manomètres à mercure, par exemple, on peut, comme l'a fait autrefois Ludwig, dans son Kymographion, faire l'inscription au moyen d'un flotteur surmonté d'une tige à laquelle est fixé un crayon. On peut également se borner à mettre le manomètre en relation par un tube en caoutchouc avec un des tambours enregistreurs que nous avons décrit; on gradue expérimentalement alors l'instrument en recherchant de combien le levier

Légende des figures 35 *et* 36.

A. Tube en métal courbé en forme d'U et dont la section transversale est une ellipse très-allongée. — B. Bras en cuivre formant le prolongement du tube A. — C. Bras de levier tournant sur un axe situé au point F et portant à son extrémité un crayon-traceur. — D. Petite bielle reliant ensemble par articulations les bras B et C. — E. Bloc creux en cuivre supportant le tube A et fixé par sa base au fond de la boîte MN. — F. axe du bras porte-crayon. — G. Cadran en papier sur lequel le crayon trace la courbe des pressions avec leurs variations et aux heures auxquels elles se sont produites. — H. Barillet renfermant une petite horloge dont l'axe premier-moteur fait accomplir au cadran G un tour en vingt-quatre heures. — I. Carré de remontage de l'horloge. — K. Raccord à écrou servant à mettre l'appareil en communication avec le tuyau qui aboutit à la chaudière. — MN. Boîte à couvercle en glace fermant à clef. — Voici maintenant la description de l'instrument.

L'appareil se compose :

1° D'un tube de manomètre relié avec un bras mobile portant un crayon à son extrémité.

2° D'un mouvement d'horlogerie entraînant circulairement un cadran en papier divisé par 24 rayons courbes représentant les 12 heures du jour et les 12 heures de la nuit avec leurs subdivisions en demies et quarts-d'heure.

Les circonférences concentriques numérotées 1, 2, 3, 4, 5, 6 représentent les pressions en atmosphères, de sorte que la position occupée par la pointe du crayon sur le cadran correspond toujours au degré de pression existant dans la chaudière et en même temps à l'un des rayons courbes formant les divisions horaires du cadran.

La chaudière dont on veut enregistrer les pressions étant mise en communication avec l'appareil au moyen d'un petit tuyau soudé avec le raccord, on place sur le disque en cuivre un cadran en papier en observant de faire coïncider la pointe du traceur avec le rayon correspondant à l'heure de la mise en marche de l'enregistreur. Puis on le fixe en serrant l'écrou placé au centre du cadran. A mesure que la pression de la vapeur s'élève, le tube métallique flexible pousse vers le centre du disque le bras porte-crayon auquel il est lié par une bielle.

Si, par exemple, les besoins du travail exigent que la vapeur soit maintenue à une pression moyenne de 4 atmosphères $^1/_2$, le chauffeur devra régler le feu de manière à ne pas dépasser 5 atmosphères ni descendre au-dessous de 4 atmosphères. Le crayon oscillera donc entre les 2 circonférences concentriques numérotées 4 et 5.

Le cadran en papier tournant lentement dans le sens indiqué par la flèche (un tour en 24 heures), la ligne sinueuse qu'il trace sur le cadran indique très-exactement l'élévation ou l'abaissement de la pression dans la chaudière et, en observant à quels rayons du cadran ces variations correspondent, on voit de suite à quelles heures du jour ou de la nuit elles se sont produites.

Il suffit de remplacer le cadran en papier toutes les 24 heures pour avoir chaque jour une feuille de contrôle très-fidèle du plus ou moins de régularité apportée par le chauffeur à la conduite du feu et, par suite, à la production de la vapeur.

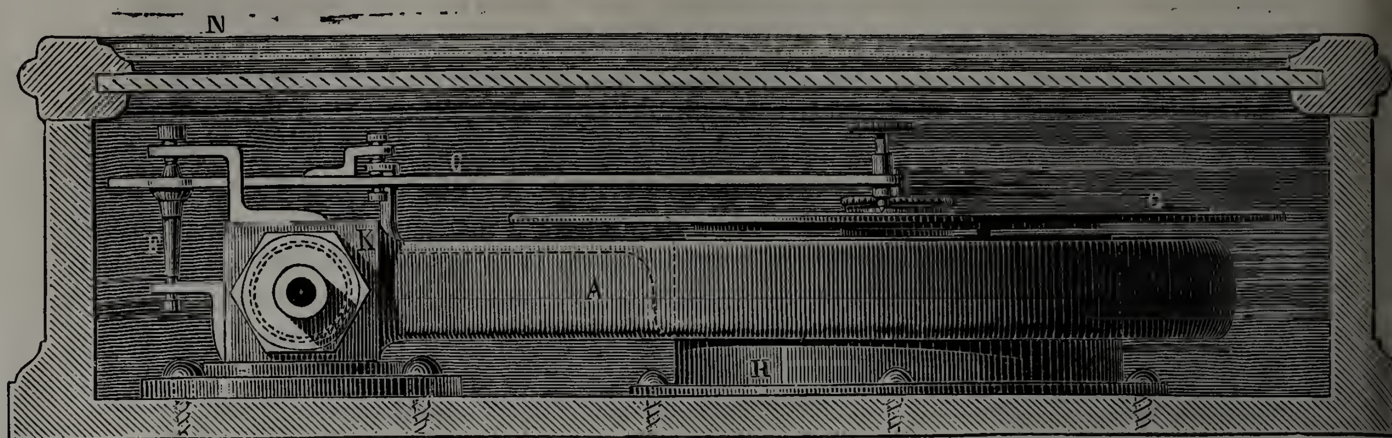


Fig. 35. — *Manomètre enregistreur Bourdon* (vue de profil).

L. GUIGUET

Fig. 36. — *Manomètre enregistreur Bourdon* (vue de face).

se déplace pour une pression déterminée. Il ne faudrait pas trop compter cependant sur les indications des manomètres à tambours enregistreurs. La force élastique des membranes de caoutchouc se modifie en effet rapidement en sorte que des corrections faites à un moment donné ne sont bientôt plus exactes; et, à moins de répéter fréquemment la graduation, ce qui serait fort compliqué, on serait exposé à d'importantes erreurs. Les tambours enregistreurs sont des instruments fort commodes, mais peu précis. Ils ne sont guère du reste en usage que dans les expériences de physiologie où une précision rigoureuse n'est pas indispensable.

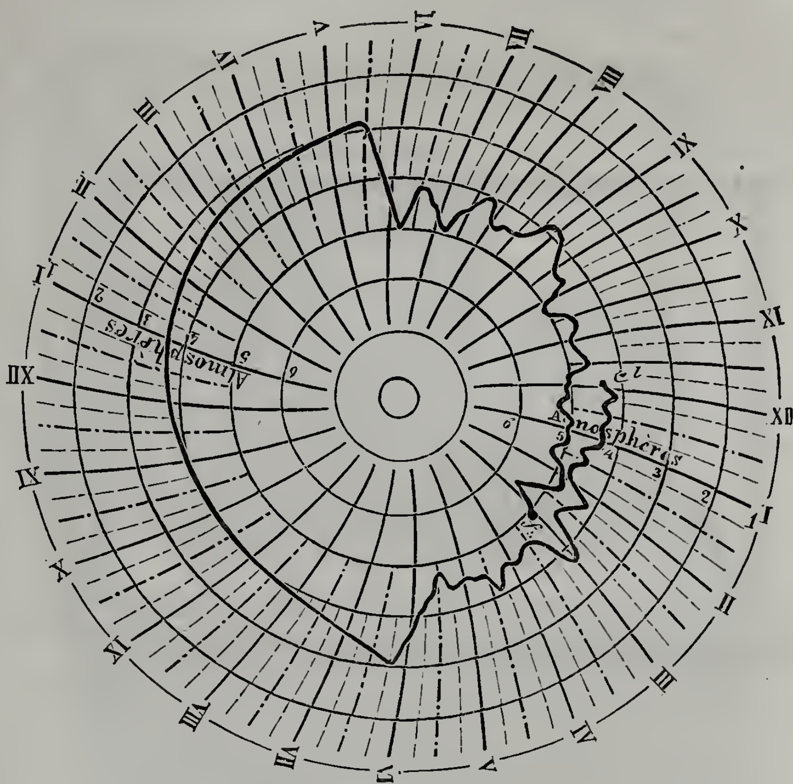


Fig. 37. — Courbe des pressions obtenues avec l'appareil précédent.

L'ingénieux inventeur des manomètres métalliques, M. Bourdon, avait envoyé à l'Exposition un manomètre enregistreur ne tenant guère plus de place que les manomètres métalliques ordinaires. Cet instrument se compose d'un de ces tubes métalliques susceptibles de changer de courbure sous l'influence de la pression qu'on emploie dans les manomètres métalliques, il est en relation avec la vapeur de la chaudière et relié par un mécanisme très-simple avec un levier portant un crayon traceur oscillant autour d'un axe fixe. Au fond de la boîte portant l'instrument se trouve un mécanisme d'horlogerie qui fait accomplir à un disque un tour en 24 heures. Sur ce disque est fixé un cadran en papier divisé en 24 rayons ayant une courbure correspondante à l'arc de cercle décrit par le levier enregistreur en oscillant. L'espace compris entre deux rayons représente une heure de temps. Tous ces rayons sont coupés par des cercles concentriques marqués 1, 2, 3, 4.., réprésentant d'après une graduation expérimentale, des pressions en atmosphères. On conçoit facilement dès lors que de la position occupée par le tracé de crayon sur le papier, on puisse déduire exactement à quel moment de la journée a été produit ce tracé et quelle était à ce moment la pression dans la chaudière. Quant au bout de 24 heures on renouvelle le papier, on voit d'un seul coup d'œil comment le chauffeur a conduit son feu pendant toute cette période, puisque les moindres variations de pression se trouvent enregistrées. L'instrument est un contrôleur infaillible dont la surveillance ne s'arrête jamais.

Enregistrement de la direction et de la vitesse d'écoulement des gaz. — La mesure de la vitesse des gaz a une grande importance en météorologie, or les appareils enregistreurs seuls permettent de reconnaître avec exactitude tous les changements de direction et de vitesse des vents. Il est à regretter que les instruments construits dans ce but soient tous très-compliqués. Le problème du reste est beaucoup moins simple que ceux examinés jusqu'ici. Dans tous les

appareils inscripteurs précédemment décrits, on n'avait en définitive à enregistrer que des mouvements pouvant se faire seulement dans deux sens différents. Dans l'inscription des mouvements du vent il s'agit d'inscrire des mouvements pouvant se produire dans tous les sens. En pratique, on se borne généralement à enregistrer 8 directions du vent. Dans l'appareil employé à Montsouris l'arbre de la girouette porte un double contact métallique qui peut le promener sur huit secteurs communiquant chacun avec un fil électrique en rapport avec un électro-aimant actionnant un levier enregistreur. Suivant la direction du vent et par suite de la girouette un électro-aimant déterminé entre en fonction. Pour éviter la trop rapide usure des piles, un mouvement d'horlogerie ne laisse passer le courant que toutes les 10 minutes.

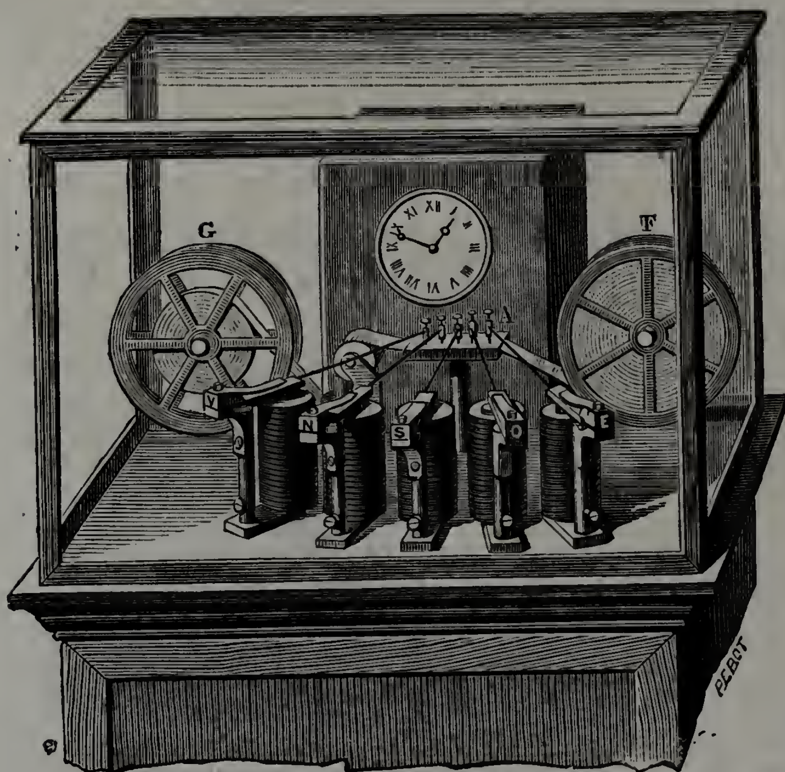


Fig. 38. — *Anémomètre enregistreur électrique de Montsouris.*

L'appareil qui précède enregistre seulement la direction du vent; sa vitesse est donnée par un anémomètre ordinaire dont les roues dentées sont modifiées de façon à ce qu'elles établissent un contact électrique après chaque kilomètre parcouru par le vent. L'enregistrement se fait comme précédemment au moyen de leviers animés par des électro-aimants. Chaque fois que le vent a parcouru 1 kilomètre, la pointe de l'enregistreur trace sur le cylindre une ligne de 1 millimètre de longueur. Toutes les heures le levier est ramené électriquement à son point de départ et recommence l'inscription d'une nouvelle série de kilomètres. Les vitesses du vent sont ainsi indiquées en kilomètres à l'heure, par le nombre de millimètres enregistrés par le levier-inscripteur à partir de son point de départ.

Enregistrement des variations électriques et magnétiques. — Les variations de l'état électrique et magnétique se traduisent dans les instruments que la science possède par les oscillations d'aiguilles très-légères et dont la masse est trop faible pour qu'on puisse en enregistrer directement les mouvements. On est cependant parvenu à tourner la difficulté par diverses méthodes dont nous allons faire connaître le principe.

La plus ancienne et celle qui est le plus restée en usage dans les observatoires météorologiques, c'est la méthode photographique. Si on fixe un miroir à l'aiguille de l'instrument de façon à lui faire réfléchir un rayon lumineux, il suffit de dérouler devant le rayon réfléchi une bande de papier photographique rendu sensible à la lumière par immersions successives dans des bains de bromo-iodure de potassium et de nitrate d'argent pour avoir en développant l'image au carbonate d'ammoniaque et à l'acide pyrogallique, la trace des

déplacements de l'aiguille sous forme de traits noirs. Une boussole et un électromètre construits sur ce principe par Salleron fonctionnent à l'Observatoire de Montsouris.

L'enregistrement direct des oscillations si faibles de l'aiguille d'un électromètre a été obtenu par M. Redier au moyen d'un appareil fort ingénieux mais assez compliqué. L'aiguille oscille librement entre deux cercles horizontaux qu'un mécanisme rapproche toutes les deux minutes l'un de l'autre. Se trouvant alors momentanément fixée dans une sorte d'étau, elle possède la rigidité nécessaire pour commander un rouage différentiel chargé de l'enregistrement.

M. Lippemann a exposé un nouvel électromètre enregistreur basé sur ce fait que l'électricité modifie les phénomènes de capillarité et peut faire varier la hauteur d'une colonne de mercure dans un tube capillaire. Les variations de niveau de la colonne mercurielle s'enregistrent par la photographie. La colonne de métal agit alors comme un écran placé devant une feuille de papier sensible et dont la hauteur varierait constamment.

Enregistrement des vibrations acoustiques et de la parole. — L'enregistrement des vibrations des corps sonores a été obtenu pour la première fois par Duhamel en soudant un léger stylet au corps sonore, diapason, verge, etc., dont il s'agissait de fixer les vibrations, et appuyant l'instrument sur une feuille de papier noircie animée d'un mouvement de translation. Nous verrons bientôt que c'est grâce à l'application de cette méthode qu'on a réussi à mesurer avec une précision rigoureuse des intervalles de temps inférieurs à un millième de seconde.

Scott et Kœnig ont imaginé il y a quelques années un appareil qui permet d'enregistrer les vibrations sonores produites par le chant, la parole ou un bruit quelconque. Il se compose essentiellement d'un entonnoir en forme de paraboloïde terminé par une membrane au centre de laquelle on fixe avec un peu de cire à cacheter, un stylet très-léger qu'on approche ensuite d'un cylindre enregistreur recouvert de papier noirci. Aussitôt que sous l'influence de la voix la membrane se met à vibrer, ses vibrations se transmettent au stylet et sont marquées par celui-ci sur l'appareil enregistreur. On obtient ainsi des courbes plus ou moins compliquées suivant la nature des sons produits.

Les courbes fournies par l'instrument qui précède ne donnent pas d'indications bien utiles sur la nature des sons qui les ont produites, et cet appareil ne semblait devoir rester qu'une curiosité de cabinet de physique dont on ne tirerait jamais aucun parti, lorsque M. Édison, en partant de la même idée, a réussi à créer un instrument, le phonographe, qui non-seulement enregistre, mais encore reproduit la parole, et peut être considéré comme une des plus curieuses inventions de notre époque. Cet appareil est trop connu aujourd'hui, pour qu'il soit utile de le décrire longuement. Il importe cependant de rappeler, ne fut-ce que pour montrer combien il faut peu de chose pour transformer entièrement une invention, qu'il repose exactement sur le même principe que l'instrument qui vient d'être décrit, c'est-à-dire qu'une membrane devant laquelle on parle reproduit les vibrations de la parole, et que ces vibrations peuvent être enregistrées. Les premiers expérimentateurs que nous avons cités s'étaient arrêtés là, et aucun des innombrables savants de profession qui connaissaient cet appareil n'avaient songé à aller plus loin. Par un véritable trait de génie, Édison pensa qu'en obligeant la membrane à reproduire les vibrations enregistrées, on l'obligerait à répéter aussi les sons qui les avaient produites, c'est-à-dire la parole. Il résolut le problème comme on le sait en remplaçant la feuille de papier noircie du cylindre enregistreur par une feuille d'étain sur laquelle un stylet, fixé comme dans l'appareil précédent à une membrane vibrante trace,

non plus une ligne continue, mais une série de points plus ou moins profonds et plus ou moins espacés, suivant la nature des vibrations de la membrane. Quand l'opération de l'enregistrement est terminée, on ramène le cylindre à la position qu'il avait en commençant à enregistrer les vibrations, et on lui imprime un mouvement de rotation, qui oblige le stylet fixé à la membrane à repasser par toutes les dépressions tracées par lui, et par suite à vibrer exactement comme elle l'avait fait en produisant ces dépressions, et par conséquent à répéter la parole.

Quand l'instrument aura été suffisamment perfectionné, la voix de nos grands orateurs, de nos chanteurs célèbres ne sera plus perdue, le phonographe répétera à nos descendants les plus reculés les accents qui ont charmé leurs pères. La photographie, cette autre branche de l'enregistrement des phénomènes permettant d'immobiliser l'image d'objets en mouvements, et le phanékisticope à projection pouvant montrer de grandeur naturelle ces images en mouvement, rien ne sera plus facile que de conserver aussi les gestes et les mouvements de l'orateur et du chanteur dont le phonographe avait conservé la voix, et leur rendre ainsi toutes les apparences de la vie.

Enregistrement des variations d'intensité et d'activité chimique de la lumière. — Parmi les propriétés de la lumière, celles que nous pouvons le plus facilement enregistrer sont l'intensité lumineuse, l'intensité calorifique et l'intensité chimique.

L'intensité des rayons solaires s'enregistre au moyen d'appareils nommés *actinomètres* qui consistent tous en deux thermomètres, dont l'un possède un réservoir noirci, scellés dans des tubes où on a fait le vide. Dans l'obscurité ils marquent la même température, à la lumière, celui qui est recouvert de noir de fumée marque une température plus élevée que celui à boule non noircie. La différence de température constitue ce qu'on appelle le degré actinométrique. Les actinomètres enregistreurs sont constitués par deux thermomètres à réservoirs métalliques dont l'un est argenté, l'autre noirci, renfermés chacun dans un tube de verre vide d'air et de vapeur d'eau. Ils communiquent chacun par un tube capillaire avec un des tubes torses munis de leviers enregistreurs dont nous avons expliqué le mécanisme à propos des thermomètres enregistreurs. L'écartement des deux courbes tracées donne le degré actinométrique.

La quantité de chaleur et de lumière versée sur la terre par le soleil est à peu près constante, et les variations constatées dépendent surtout de l'épaisseur ou de l'état de la couche de l'atmosphère que les rayons lumineux traversent. L'air humide, par exemple, arrête beaucoup de chaleur. A mesure que le soleil s'incline sur l'horizon dans sa course diurne ou annuelle, l'épaisseur de la couche de l'atmosphère qu'il doit traverser va en croissant. La somme des rayons lumineux et calorifiques reçus en un lieu constitue un des éléments les plus importants de son climat, et par suite de son action directe sur les végétaux ou animaux qui y vivent. Cette simple indication montre combien cette étude a d'importance.

L'intensité chimique de la lumière pourrait être très-simplement enregistrée sur un papier photographique enroulé sur un cylindre animé d'un mouvement lent, et que les rayons lumineux concentrés au besoin par une lentille cylindrique viendraient frapper à travers une fente étroite. De la coloration plus ou moins intense de la bande de papier aux diverses heures de la journée et aux différentes périodes de l'année on déduirait l'activité chimique correspondante. Ce genre d'observations n'a pas encore été fait, je crois, dans les observatoires. Il fournirait pourtant, outre des renseignements scientifiques très-utiles, des

documents qui permettraient la construction de tables susceptibles de rendre les plus grands services aux personnes s'occupant de photographie. J'appelle l'attention du savant directeur de Montsouris, M. Marié Davy sur ce point.

Il importe de faire remarquer en passant que l'intensité chimique de la lumière n'est pas du tout parallèle à son intensité lumineuse appréciée par l'œil comme on le croit généralement. Sans doute, et cela résulte clairement des travaux récents des physiologistes sur le pourpre rétinien, l'œil peut être considéré comme une plaque photographique à laquelle les rayons lumineux font subir une transformation chimique plus ou moins grande, mais sa sensibilité pour telle ou telle couleur n'est nullement la même que celle des réactifs chimiques en usage dans la photographie ordinaire. Les sels d'argent, par exemple ne sont nullement impressionnés par les rayons jaunes, tandis que l'œil l'est très-vivement au contraire. Toutes les personnes ayant fait de la photographie savent du reste que ce n'est pas sur l'intensité lumineuse apparente qu'il faut se guider pour la durée de la pose. L'été, par exemple, entre une heure de laprès-midi et six heures, la lumière paraît à l'œil à peu près aussi vive, et cependant il faut pour obtenir une bonne épreuve photographique à six heures une pose d'une longueur à peu près double de celle nécessaire à une heure.

Enregistrement du temps. Métronomes chronographes, etc. — La détermination de la durée d'un phénomène a dans les sciences exactes une importance capitale. Pour les phénomènes qui ont une certaine durée les chronomètres ordinaires sont suffisants, mais quand il s'agit d'évaluer des intervalles qui ne dépassent pas des centièmes ou même des millièmes de seconde, comme dans l'étude de la vitesse des projectiles, de la propagation des excitations nerveuses, etc., la méthode chronométrique est tout à fait insuffisante, et il faut avoir recours aux appareils enregistreurs.

C'est en astronomie surtout qu'on fait usage, du moins dans les observatoires étrangers, des chronographes enregistreurs. On a d'abord employé des chronomètres à pointage dans lesquels une aiguille à secondes porte à son extrémité un godet contenant de l'encre percé dans son fond d'un trou très-fin; une seconde aiguille, fixée sur la première par une de ses extrémités, porte à l'autre une pointe qui peut entrer dans le godet et en chasser une goutte d'encre sur le cadran sans s'arrêter, aussitôt qu'on presse sur un bouton avec le doigt. On peut ainsi marquer le commencement et la fin d'un phénomène, et lire le temps écoulé par le nombre de fraction de seconde qui se trouve marqué entre ces tracés.

Ces appareils peu précis sont entièrement inusités aujourd'hui dans les observatoires. L'enregistrement du temps s'y fait uniquement au moyen de chronographes électriques. Ils permettent de noter avec exactitude à quel moment est effectué un phénomène tel que le passage d'un astre entre les fils d'une lunette. En étudiant les applications de la méthode graphique à l'astronomie nous entrerons dans quelques détails sur cette méthode.

A l'Observatoire météorologique de Montsouris l'heure est enregistrée électriquement à la surface de tous les appareils enregistreurs par une même horloge placée dans une des salles de l'Observatoire. Une aiguille fixée à l'armature d'un électro-aimant appuie constammeut sur un cylindre et y trace une ligne de repère qui n'est interrompue que lorsque l'horloge vient à intervalles réguliers, tous les quarts d'heure, par exemple, produire un contact électrique qui anime l'électro-aimant et l'oblige à écarter momentanément l'aiguille de sa position. Quand elle y est revenue elle a marqué à la surface du cylindre un petit crochet. Les contacts électriques établis par l'horloge peuvent l'être également par un bouton sur lequel on n'a qu'à appuyer pour qu'un signal marqué sur le

cylindre indique exactement à quel moment on a appuyé. On peut ainsi, sans prendre aucune note marquer exactement à quel moment se produit un phénomène intéressant qu'on désirait noter.

Pour marquer le temps à la surface d'un cylindre enregistreur dans les opérations qui exigent seulement d'être évaluées en seconde ou demi-secondes, il n'est pas toujours commode d'avoir recours à l'électricité, ou à des instruments chronométriques délicats dont nous parlerons plus loin. Pour les remplacer, nous avons imaginé, M. Noël et moi, un métronome fort simple dont le prix est à peine supérieur à celui d'un métronome ordinaire, et qui permet d'enregistrer en secondes et demi-secondes le temps à la surface du cylindre enregistreur. Il consiste simplement, comme l'indique la figure 39 en un métronome ordinaire dont la tige oscillante vient frapper dans son mouvement alternatif sur la membrane d'un tambour placé sur la paroi de l'instrument, et communiquant par un tube aussi long qu'on le désire avec un tambour à levier placé auprès du cylindre enregistreur. Les vibrations de la masse d'air contenue dans le tambour du métronome se transmettent au tambour à levier, aussitôt que la tige oscillante vient frapper le premier. Une disposition particulière indiquée sur la figure permet à l'instrument d'actionner au besoin la marche d'un chronographe électrique. Une pointe placée sous la masse du pendule vient à cet effet toutes les fois qu'elle passe par la verticale, buter contre une lame métallique élastique qui établit un contact avec un petit chronographe analogue à ceux que nous allons bientôt décrire.

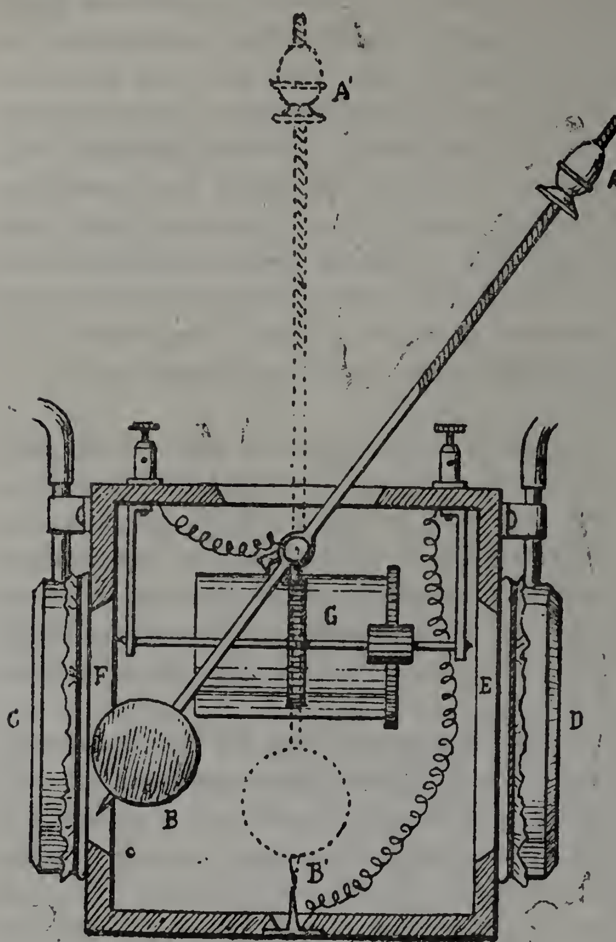


Fig. 39.

Fig. 38. — *Métronome à transmission pneumatique ou électrique des Dr G. Noël et G. Le Bon.* Un mouvement d'horlogerie composé d'un barillet G engrénant un pignon fixé à l'axe d'une roue à denture particulière, entretient par un échappement spécial les oscillations d'un pendule dont la masse supérieure A, mobile, permet de ralentir le mouvement.

Transmission pneumatique. A chaque extrémité de sa course, la lentille B vient toucher légèrement l'une des membranes de caoutchouc E F qui recouvrent les capsules de laiton D, C, comprime l'air qui se rend par un tube de caoutchouc à un tambour à levier et inscrit chaque choc sur le cylindre enregistreur.

Transmission électrique. En passant par la verticale le petit prolongement de platine qui porte la lentille B, vient toucher une paillette fixe du même métal et établir un courant animant un signal électro-magnétique; on place les 2 lames du métronome, en un point quelconque du circuit.

Lorsqu'on veut mesurer des intervalles de temps très-petits, des centièmes ou même des millièmes de seconde par exemple, ce qui est indispensable dans certaines expériences de haute précision (vitesse des projectiles, mensuration de la rapidité de propagation de l'agent nerveux, etc.), on emploie comme moyen de mensuration un diapason dont la marche est entretenue par un courant électrique. On sait que pour un diapason d'une certaine longueur et d'une certaine section les branches exécutent un nombre d'oscillations déterminé, toujours le même dans

une seconde. Si on fixe un léger stylet fixé à l'extrémité du diapason et qu'on l'approche d'un cylindre enregistreur recouvert de papier enduit de noir de fumée, le diapason tracera en vibrant une série de traits en forme de V. Admettons que le diapason vibre 1000 fois par seconde, et supposons maintenant que par un signal quelconque on ait tracé sur le cylindre le commencement et la fin d'un phénomène. Le nombre d'oscillation enregistré entre les deux signaux donnera évidemment en millièmes de seconde sa durée. S'il y a par exemple onze vibrations inscrites entre les deux signaux, le phénomène a duré 10 millièmes de seconde. Nous avons représenté, plus loin, la disposition

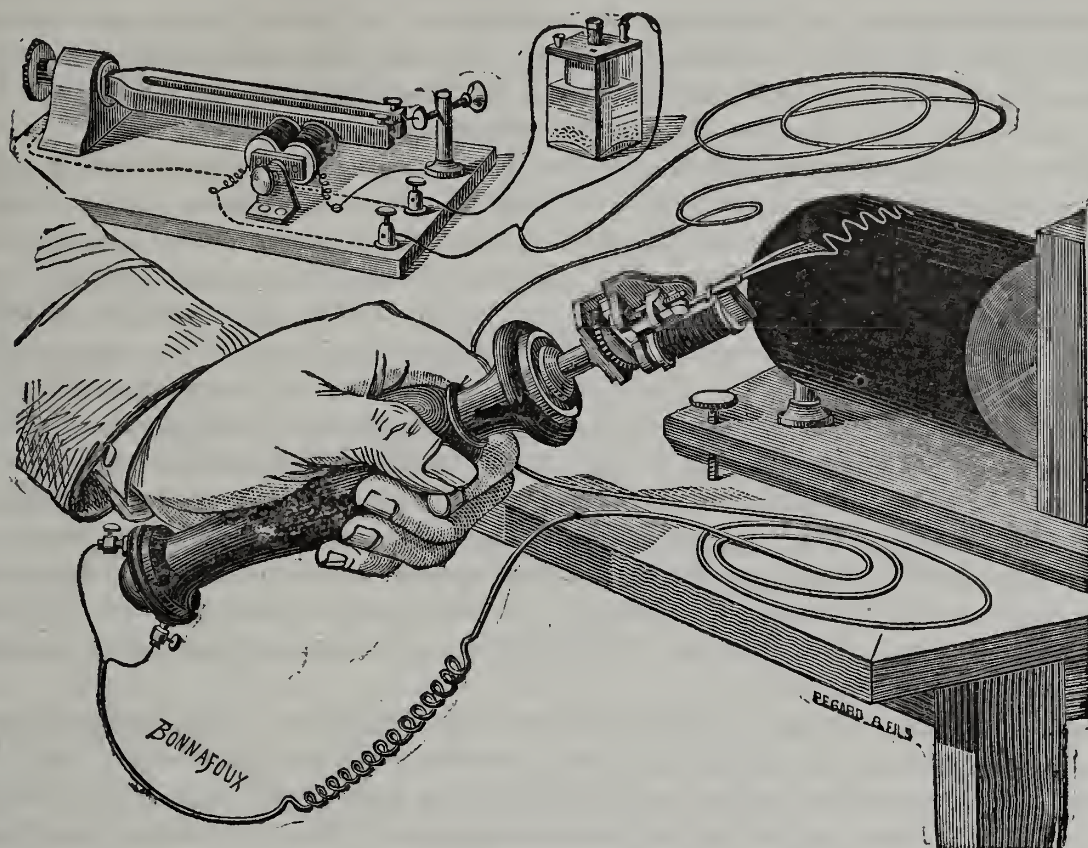


Fig. 40. — Diapason et chronographe du Dr Marey.

des diapasons électriques que M. Noël et moi avons fait construire pour notre usage et qui nous sont revenus trois fois moins chers que ceux existant dans le commerce, malgré la facilité extrême de leur réglage et de leur fonctionnement.

Le pointage, sur le cylindre enregistreur, du signal qui doit marquer le commencement et la fin d'un phénomène se fait en appuyant sur un bouton faisant passer un courant dans un électro-aimant, dont l'armature porte un stylet qui marque un trait sur le cylindre quand on appuie sur lui. C'est à cet instrument qu'on donne le nom de *chronographe*.

Dans nos recherches nous avons associé le diapason au chronographe de façon à ce que ce dernier ne fonctionne que pendant l'accomplissement du phénomène dont il s'agit de fixer la durée. Nous faisions alors usage d'un diapason donnant 100 vibrations. Le nombre de vibrations inscrites par le chronographe sur le cylindre donnait donc en centièmes de seconde la durée du phénomène.

Le temps que mettent les électro-aimants à s'aimanter et se désaimanter constituait autrefois une cause d'erreur qu'il était fort difficile d'éliminer, car la durée de l'aimantation et de la désaimantation est très-inégale et varie suivant des conditions nombreuses; nature de la pile, résistance du circuit, etc.

Un ingénieux physicien, M. Marcel Deprez, a récemment réussi à réduire

considérablement le temps de l'aimantation et de la désaimantation des électro-aimants en employant de toutes petites bobines dont il rend l'armature très-légère, et le ressort qui les ramène dans leur position après la désaimantation très-puissant. Les chronographes qu'il construit sont de petits instruments d'un centimètre seulement de hauteur, d'un maniement et d'un réglage très-facile. La durée de la période d'aimantation y est réduite à 1/500 de seconde. Les chronographes des Deprez nous ont été d'un grand secours dans nos recherches. Ils sont assez simples pour être construits par un ouvrier ordinaire, et reviennent alors moitié moins chers que ceux vendus par les constructeurs.

Enregistrement de la vitesse de la lumière. — De tous les agents dont la science peut mesurer la vitesse, la lumière et l'électricité sont les plus rapides. Alors que la vitesse d'un boulet de canon est très-inférieure à 1 kilomètre par seconde, celle de la lumière est plus de 300,000 fois supérieure.

Grâce aux appareils enregistreurs il est devenu facile de mesurer directement ces prodigieuses vitesses. On sait qu'en 1675 l'astronome Bœmer avait déduit la vitesse de la lumière de la différence qu'on observe entre les moments de la manifestation d'une éclipse d'un satellite de Jupiter suivant que la terre est entre cette planète et le soleil, ou lorsque c'est au contraire le soleil qui est entre Jupiter et la terre, c'est-à-dire suivant que dans son mouvement de rotation annuelle la terre est le plus près possible, ou au contraire le plus loin possible de Jupiter. Il calcula ainsi que la lumière met 8 minutes pour venir du soleil, ce qui correspondrait à une valeur de 308,000 kilomètres par seconde.

Foucault détermina expérimentalement cette vitesse par le déplacement d'un rayon lumineux réfléchi par un miroir faisant 700 ou 800 tours par seconde. Cette expérience dans laquelle l'auteur réussissait à déterminer le temps que mettait pour aller et revenir sur lui-même d'un bout à l'autre de sa chambre un rayon lumineux qui parcourt 75,000 lieues par seconde est une des plus ingénieuses de la physique.

En se servant d'un appareil enregistreur sur lequel un chronographe marquait les millièmes de seconde, Cornu a repris en 1874 les expériences de Foucault et a obtenu un chiffre peu différent du sien. L'expérience consistait à rechercher le temps qu'un rayon lumineux met pour aller de l'École polytechnique au Mont-Valérien, séparés par une distance de 10,310 mètres, et en revenir. Une roue dentée faisant 1600 tours par seconde était placée à l'une des stations, un faisceau lumineux était envoyé entre deux de ses dents à l'autre station, où il était réfléchi par un miroir et renvoyé vers la roue. Quand cette dernière était au repos, le faisceau lumineux repassait naturellement entre les mêmes dents qu'à son départ. Si la propagation de la lumière était instantanée, le faisceau réfléchi, serait revenu toujours se placer, quelle que fût la rapidité de rotation de la roue entre les mêmes dents. Cette propagation n'étant pas instantanée, le rayon réfléchi est éclipsé par la dent qui succède à un intervalle, et si la vitesse de la roue est assez grande il reparaît entre deux autres dents. De ces divers éléments se déduit la vitesse de la lumière. La rapidité de rotation de la roue, le temps mesuré en millièmes de seconde et l'indication du moment de l'apparition des éclipses se marquaient sur un cylindre enregistreur. Ces expériences dont je ne puis qu'indiquer le principe ont donné pour la vitesse de la lumière 300,400 kilomètres par seconde.

IV. — APPAREILS ENREGISTREURS EMPLOYÉS EN ASTRONOMIE.

Enregistrement des observations de passage. — Les appareils enregistreurs sont employés aujourd'hui dans la plupart des observatoires d'astronomie, celui de Paris excepté, pour l'observation du passage des astres au méridien. Au lieu d'apprécier à l'oreille en écoutant les battements d'une pendule suivant l'ancienne méthode le moment ou un astre passe devant les fils d'une lunette on pointe le moment du passage en appuyant sur un bouton en relation électrique avec un appareil enregistreur sur lequel le temps est également marqué par un des moyens que nous indiquerons bientôt. La position du signal marquant le passage parmi les signaux indiquant le temps fait connaître le moment exact du phénomène. Supposons que le pendule batte la seconde et qu'à partir de minuit chaque seconde soit pointée par un trait sur le papier qui recouvre l'enregistreur et que le phénomène observé soit marqué par un autre trait parallèle à ce dernier. Admettons que le signal marquant le phénomène se trouve exactement entre le sixième et le septième trait, on en conclut évidemment que le phénomène observé s'est accompli à $12^h,0^m,6^s,5$.

Les moyens employés pour obliger un balancier à interrompre un courant à chaque oscillation et enregistrer un signal sont nombreux. Un des plus simples consiste à fixer un des fils de la pile à l'axe de suspension du pendule, et l'autre dans un petit godet métallique plein de mercure placé sous le pendule. Le disque de celui-ci porte une pointe à sa partie inférieure; toutes les fois que dans ses oscillations l'instrument passera par la verticale, il effleurera le mercure, fermera le circuit et animera un court instant l'électro-aimant auquel est fixée la plume destinée à écrire sur le cylindre.

Les chronographes électriques ont subi des modifications nombreuses. Divers constructeurs, Hipp, Deschiens, etc., se sont occupés avec succès de ce genre de fabrication, mais en perfectionnant quelques détails ils ont fini par rendre fort compliquée et d'une application très-coûteuse une méthode au fond très-simple. Un chronographe électrique du système Liais par exemple, coûte 4,000 francs, celui du colonel Strang 5,000 francs, etc. Or quand on a une horloge astromique, rien n'est plus simple que de la transformer en enregistreur électrique. J'ajouterai qu'au moyen de l'addition d'un diapason et d'un chronographe disposés comme nous l'avons indiqué fig. 61, on obtiendrait sans difficulté et avec une dépense insignifiante l'enregistrement des centièmes de seconde, c'est-à dire une exactitude supérieure à celle donnée par les appareils que je viens de mentionner.

Plusieurs enregistreurs électriques provenant de divers constructeurs français et étrangers, ont figuré à l'Exposition, mais ils ne contenaient pas de dispositions nouvelles importantes. En France, le dépôt de la guerre avait envoyé une planchette chronographique construite pour l'enregistrement électrique des observations de passage et les échanges des signaux entre deux stations dont on veut déterminer la différence de longitude. Les appareils chronographiques ainsi que la boussole, le rhéostat, les relais, etc., y sont reliés par des communications métalliques incrustées dans la planchette. L'appareil comprend un rhéostat dans lequel, en interposant chaque fois une résistance convenable, on obtient dans le même circuit un courant d'un intensité constante mesurée par la boussole. Le même département de la guerre avait envoyé un chronomètre à interrupteur électrique de Bréguet pour les observations astronomiques par enregistrement, destiné à être employé dans les stations lointaines, pour les-

quelles un régulateur ordinaire est d'un transport trop délicat. Le mécanisme d'horlogerie comporte une roue interruptrice, alternativement composée de segments conducteurs en métal, et de segments isolants en ébonite. Un des pôles de la pile aboutit à l'axe de la roue et l'autre à un ressort métallique s'appuyant sur la roue. Quand sa partie métallique est en contact avec le ressort le courant passe dans le chronomètre, quand c'est la partie isolante il passe dans l'appareil inscripteur, c'est-à-dire dans la plume inscrivant les secondes.

Détermination de l'équation personnelle par les appareils enregistreurs. — Les appareils enregistreurs ont été employés également pour déterminer la valeur de l'équation personnelle, nom que donnent les astronomes à l'erreur de temps qu'on commet dans l'appréciation du moment du passage d'un astre aux fils d'une lunette méridienne, c'est-à-dire l'intervalle qui s'écoule entre le moment où l'astre passe réellement devant les fils de la lunette et celui où le passage est noté. Cette erreur, dont la durée est de quelques dixièmes de seconde varie suivant l'observateur. Elle est le résultat d'un phénomène physiologique produit par des causes complexes, telle que le temps nécessaire à un rayon lumineux pour impressionner l'œil, le temps nécessaire pour comparer l'impression produite sur cet organe par le passage de l'astre et la sensation produite sur l'oreille par les battements de la pendule, etc.

Indépendamment des conditions connues qui font varier la durée de l'équation personnelle, telles que l'éclat de l'astre, la vitesse avec laquelle il passe devant les fils de la lunette, le grossissement de l'oculaire, etc., elle varie sous l'influence de causes inconnues d'une observation à l'autre, et chez le même observateur d'un instant à l'autre. A vrai dire elle n'est constante que dans les ouvrages d'astronomie et cette constance apparente tient à ce que les astronomes prennent pour valeur de leur équation personnelle la moyenne des erreurs commises dans un grand nombre d'observations. Du reste, les variations de l'équation personnelle qui se produisent d'un instant à l'autre ne sont généralement que de quelques centièmes de seconde et atteignent rarement un dixième de seconde. Elles se trouvent par conséquent au-dessous des limites d'erreur que comportent, en dehors de l'équation personnelle, les observations de passage.

Le seul moyen de supprimer complétement l'erreur personnelle, et de donner aux observations astronomiques une précision qu'elles ne sauraient avoir aujourd'hui serait d'obliger l'astre à enregistrer lui-même son passage sans intervention de l'observateur. Le seul procédé possible réside dans l'emploi de la photographie. La plaque photographique, placée dans un châssis, disposé de façon à pouvoir être déplacé afin de prendre plusieurs images sur la même plaque, étant fixée à la place de l'oculaire, on appuie avec le doigt sur une détente qui ouvre l'instrument et ferme en même temps un circuit électrique qui pointe sur un cylindre enregistreur par des procédés analogues à ceux déjà décrits l'instant précis de la formation de l'image. Les fils du réticule se trouvant photographiés avec l'image de l'astre on déduit facilement la position exacte de ce dernier au moment précis indiqué par l'enregistreur. M. Faye a appliqué avec succès cette méthode au soleil, mais le peu d'action chimique de la lumière des étoiles ne permet pas de l'utiliser pour l'enregistrement de leurs passages.

L'enregistrement automatique du passage des astres au méridien étant, dans l'état actuel de la science, impossible, on a dû chercher à déterminer l'erreur personnelle avec précision afin de faire subir à toutes les observations les corrections nécessaires. On y est arrivé surtout au moyen des appareils enregistreurs. Parmi les méthodes employées, nous mentionnerons surtout celles de deux astronomes suisses Hirsch et Plantamour et d'un astronome de Paris, M. Wolff. Elles ne

diffèrent du reste que dans leurs détails. Dans l'appareil Hirsch et Plantamour, une étoile artificielle détermine en passant devant un fil la rupture d'un courant et par suite la marche d'un chronoscope dont les aiguilles ne peuvent ensuite s'arrêter que lorsque l'opérateur a pointé le passage en appuyant sur un bouton rétablissant le courant; le temps qui s'est écoulé entre le moment où le passage de l'astre artificiel a interrompu le courant et celui ou l'opérateur l'a rétabli, c'est-à-dire le temps pendant lequel les aiguilles ont marché représente la durée de l'équation. Cet appareil très-ingénieux, et dont l'invention due à M. Hirsch remonte à une quinzaine d'années est employé par plusieurs astronomes. Le dépôt de la guerre en possède un exemplaire qu'il avait envoyé à l'Exposition. Il est gradué en millièmes de seconde, mais cette précision est beaucoup plus apparente que réelle, car le retard du fonctionnement dans les électro-aimants ordinaires n'est guère inférieur à un centième de seconde, et n'est pas une valeur constante qui une fois connue puisse servir à corriger les observations. Il est tout à fait inutile du reste de posséder en astronomie des appareils donnant le millième et même le centième de secondes, les erreurs accidentelles que comporte l'observation d'un passage étant toujours voisine de un dixième de seconde.

L'appareil de M. Wolff est basé sur le même principe que le précédent, mais son usage paraît moins commode. Il se compose essentiellement d'un astre artificiel formé d'une petite lampe placée derrière une plaque percée d'un trou très-fin et qui se meut avec une vitesse constante devant la lunette. En passant devant les fils de cette dernière, l'astre ferme un circuit et pointe par le moyen d'un électro-aimant le moment de son passage sur un cylindre enregistreur. L'observateur qui voit passer l'astre pointe sur le même cylindre un signal en appuyant sur un bouton électrique. S'il n'y avait pas d'équation les deux signaux coïncideraient. Leur écartement, c'est-à-dire le temps qui s'est écoulé entre le moment où le passage s'est effectué et celui où il a été noté représente la durée de l'équation. M. Wolff a bien voulu faire fonctionner son appareil devant nous, ses différentes parties nous ont semblé étudiées avec le plus grand soin et très-savamment combinées.

Il ne faudrait pas croire qu'en répétant avec un des appareils que nous venons de décrire, ou tout autre du même genre, un certain nombre d'observations sur la même étoile artificielle on obtiendra deux fois de suite le même chiffre. Il n'en est rien. Dans une même série d'observations ces chiffres sont très-discordant, et ce n'est qu'en prenant leur moyenne qu'on obtient un chiffre constant . Quelles sont les causes de cette discordance? Les astronomes gardent sur ce point un silence complet. J'ai essayé à l'élucider dans un travail commencé depuis longtemps déjà avec le Dr Noël sur la durée du temps qui sépare les excitations des réactions et leurs variations avec l'état physiologique. En traitant des appareils enregistreurs employés en physiologie, je décrirari sommairement les instruments que nous avons construits pour mesurer sur chaque sens ce que les astronomes ont effectué seulement pour un seul, c'est-à-dire, pour déterminer nettement le temps qui s'écoule entre le moment ou un sens, la vue, l'ouïe, le toucher est excité et celui où il réagit.

Tous les instruments marquant le temps ont besoin d'être remontés à périodes intermittantes. Si on oublie cette opération l'instrument s'arrête au milieu d'une observation. Qu'une pareille négligence se produise en mer, et l'observateur perd aussitôt l'heure du premier méridien qui devait lui servir à déterminer sa longitude. Je me suis demandé si on ne pourrait emprunter aux forces qui nous entourent, et sont entièrement perdues, telles que les variations de pression et de température, la puissance nécessaire pour remonter un moteur. Avec le concours du Dr Noël, j'ai réussi à construire un appareil qui. bien que n'étant encore qu'un instrument de démonstration, résout entièrement le problème.

Cet appareil consiste en un compteur à secondes dont le mouvement est automatiquement entretenu par les variations diurnes de la température, sans qu'on ait à la remonter jamais. Les observations faites dans les observatoires de météorologie, notamment celui de Montsouris, démontrent qu'entre la température la plus haute et la plus basse de 24 heures, il existe un écart minima d'environ 1 degré. C'est la force de dilatation produite par cet écart qui est employée à remonter la pendule en se transformant en force constante.

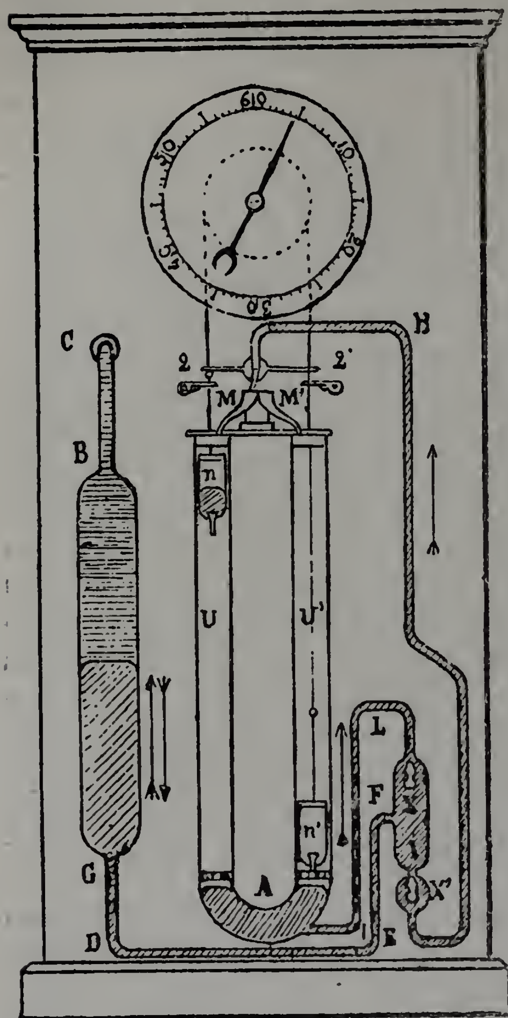


Fig. 41. — *Pendule perpétuelle se remontant toute seule sous l'influence des variations atmosphériques des Dr G. Le Bon et Noël.*

La partie de l'appareil destinée à subir les variations de température de l'atmosphère consiste en un réservoir formé de tubes cylindriques métalliques parallèles, qui présentent une grande surface d'absorption ou de rayonnement et conservant leur forme sous toutes les pressions. Ce réservoir, invisible sur le dessin est placé derrière la pendule. Sa contenance est de 3 lit. 1/2. Le liquide qu'il contient est de l'alcool méthylique. Etant connu le coefficient de dilatation de ce liquide, on calcule facilement que la masse qui précède s'accroît pour une simple élévation de température de 1 degré d'environ 4 cent. cubes. C'est la force produite par cette dilatation qui va nous servir à remonter le ressort de notre pendule pour 36 heures.

A cet effet, le réservoir d'alcool placé derrière la pendule communique par un tube CB avec un réservoir B G à moitié rempli de mercure. Chaque fois que la masse de l'alcool se dilate de 1 degré, c'est-à-dire une fois au moins en 24 heures, elle chasse environ 50 grammes de mercure du réservoir B G dans le réservoir I, en passant par le tube D E F. Arrivé dans ce réservoir le liquide rencontre deux soupapes, une supérieure qui se ferme sous l'influence de la pression, l'autre inférieure qui s'ouvre au contraire sous l'influence de la même pression, et permet au liquide d'arriver par le tube H dans la branche M' du récipient MM', et de là dans un godet *n'* contenu dans le tube U'. Le fond de ce godet est fermé par une soupape disposée de façon à s'ouvrir aussitôt qu'elle vient butter contre un obstacle. La partie supérieure du même godet est attachée à l'extrémité d'une corde fixée sur une poulie qui commande l'axe du barillet du mouvement d'horlogerie. La hauteur de la chute et la longueur du diamètre de la poulie ont été calculées de façon à ce que la descente du godet *n'* plein de mercure, soit suffisante pour remonter le ressort pendant 36 heures.

Aussitôt que le godet *n'* est arrivé au bas de sa course, sa soupape s'ouvre et son contenu se déverse dans la partie inférieure du tube U U'. Pour comprendre comment le mercure, qui continue à affluer dans le récipient *m m'*, va tomber maintenant dans la branche U et faire remonter le godet *n'* au lieu de continuer à tomber en U', il suffit d'examiner attentivement la figure. On y verra que le tube qui se trouve au-dessus du récipient M M' et est ajusté au

reste de l'appareil par un cylindre en caoutchouc, est fixé à une petite barre 2 2' qui oscille autour d'un axe fixe. Suivant que cette barre penche à droite ou à gauche, elle force à s'incliner à gauche ou à droite le tube qui lui est fixé.

Cette petite barre est percée à chacune de ses extrémités, d'un trou par lequel passe la corde qui doit s'enrouler sur la gorge de la poulie, et est actionnée par un nœud qui se trouve sur chacune des branches verticales de cette corde. Le godet n' étant arrivé au terme de sa course, le nœud de la corde qui supporte le godet n' soulève l'extrémité de la barre 2 2', change la direction du tube que cette barre supporte, en sorte que le déversement qui se faisait du côté de M' va se faire du côté M. Quand le godet n se trouvera au bas de sa course, la même opération se répétera de l'autre côté, et ce sera alors dans le godet n que le mercure tombera de nouveau. Pour amener le godet n' au bas de sa course, il a fallu un poids de 45 grammes environ de mercure, parce que sa chute doit entraîner la poulie à l'axe de laquelle est fixé le ressort de la pendule. Pour faire descendre le godet n il ne faut que quelques grammes, parce que le ressort étant remonté, il n'y a qu'à ramener la poulie dans sa position primitive. Lorsqu'elle est mue par le godet n un encliquetage la rend indépendante du ressort.

Une petite pièce spéciale ne laisse descendre chacun des godets que lorsqu'ils contiennent un poids déterminé de mercure, de façon à ce que cette descente se fasse avec une vitesse accélérée, ce qui facilite le soulèvement de la soupape qui les ferme inférieurement.

Tel est le mécanisme de l'appareil quand la température s'élève. Voyons maintenant comment il fonctionne quand elle s'abaisse, et comment on utilise l'abaissement de température pour faire rentrer dans le réservoir G B le mercure qui en était sorti. Quand la température baisse, l'alcool se contracte et détermine une aspiration. La soupape X' se ferme, la soupape x s'ouvre, et une partie du mercure contenu en A passe en 1 par le tube L L, et de là dans le réservoir B G par le tube F E D.

L'appareil de démonstration qui précède n'utilise, comme on le voit, qu'une fraction infiniment faible de la dilatation du liquide. Dans la pratique il serait préférable d'employer soit la dilatation de tiges métalliques dont la force de dilatation est énorme, soit celle de tubes métalliques. Je fais actuellement avec M. Bourdon, des recherches pour utiliser ce dernier moyen.

Si on voulait faire marcher une horloge publique sur le modèle de celle que nous avons construite, rien ne serait plus facile. Le réservoir dilatant devrait être d'une capacité de 40 litres. Avec 40 litres d'alcool une dilatation de 1 degré produirait un déversement d'environ 540 grammes de mercure, et, comme la moyenne des variations diurnes observées dans l'espace d'un mois correspond à environ 3 degrés par jour, on aurait par jour $540 \times 3 = 1^k,620$ de mercure, et pour un mois $1^k,620 \times 30 = 48^k,6$, poids plus que suffisant pour remonter une horloge pendant 30 jours.

V. — APPAREILS ENREGISTREURS EMPLOYÉS EN MÉCANIQUE.

Enregistrement du travail d'une machine à vapeur. — Une des plus anciennes applications des appareils enregistreurs, et en même temps une des plus importantes par ses résultats pratiques, est celle imaginée par Watt pour mesurer le travail d'une machine à vapeur. L'indicateur de l'illustre inventeur est trop connu pour avoir besoin d'une longue description, et si nous le rappelons ici ce n'est que pour ne pas omettre dans notre énumération une des plus importantes applications de la méthode graphique. Chacun sait qu'il se compose d'un tube se vissant par une douille à robinet sur le fond du cylindre de la machine à vapeur. Il contient un petit piston maintenu au bas de sa course par un ressort à boudin. Quand la vapeur arrive sur sa face inférieure elle surmonte la résistance du ressort, mais aussitôt qu'elle cesse d'agir, ou que sa pression diminue, ce dernier le ramène à sa position primitive.

La tige de ce piston est munie d'un crayon qui marque sur un cylindre enregistreur la hauteur à laquelle il s'élève. Le cylindre enregistreur est mis en mouvement par l'intermédiaire d'une poulie en relation avec le piston de la machine. Chaque course de ce dernier lui fait faire un tour complet. Un ressort en spiral le ramène immédiatement ensuite à sa position primitive. Dans la courbe ainsi obtenue, les ordonnées représentent par leur hauteur la pression que la vapeur exerce sur le piston et les abscisses le chemin parcouru par ce dernier. Le travail d'une force étant égal au produit de l'intensité de cette force par le chemin parcouru, l'évaluation de l'aire de la courbe donnera le travail de la machine. En mesurant donc la surface de cette dernière par une des méthodes précédemment décrites, on aura à une certaine échelle la mesure du travail effectué.

L'indicateur de Watt a reçu diverses modifications qui n'atteignent pas son principe et dont l'exposé serait sans intérêt.

Dynamomètres enregistreurs — Les dynamomètres sont, comme on le sait, des instruments qui permettent d'évaluer en kilogrammes l'effort développé par un moteur. L'appareil que nous venons de décrire est donc un véritable dynamomètre enregistreur, mais il en existe un grand nombre d'autres, comme ceux de Morin, de Bourdon, etc., qui permettent également d'évaluer les forces. Ils se composent généralement de ressorts à lames destinés à mesurer l'effort de traction exercé sur elles par leur écartement. Une bande de papier enroulée sur un tambour mû par un système d'horlogerie est en rapport avec un crayon fixé au ressort. La courbe ainsi tracée présente des ondulations correspondant aux variations des efforts exercés par le moteur. Le papier étant animé d'un mouvement de translation uniforme, les ordonnées mesurent comme dans l'indicateur de Watt, le travail effectué, et les abscisses, le chemin parcouru. La quadrature de la courbe permet d'évaluer comme dans ce dernier, le travail effectué. Poncelet a pu ainsi mesurer le travail dépensé par un cheval dans la traction d'une voiture.

Diverses dispositions permettent de mettre en relation, au moyen de courroies et de poulies, les dynamomètres avec les machines dont on veut évaluer le travail. Il en est qui permettent de réduire dans un rapport connu l'effort exercé sur le ressort, de façon à pouvoir avec de faibles ressorts mesurer des efforts considérables.

Enregistrement de la vitesse et de la régularité de la marche d'un véhicule. — Il existe un ou plusieurs système de compteurs permettant d'apprécier la

marche d'un véhicule. Ils sont essentiellement constitués par des rouages plus ou moins nombreux indiquant par le nombre de leurs tours le chemin effectué dans un temps donné, mais ne fournissant absolument aucun renseignement sur le temps employé pour effectuer les diverses parties de leur parcours. Les appareils enregistreurs seuls permettent d'obtenir ces indications. Supposons en effet, que sur une bande qu'un mouvement d'horlogerie déroule d'un mouvement uniforme, soit je suppose 60 centimètres par heure, un levier inscripteur, en relation au moyen de rouages avec l'axe des roues du véhicule, vienne pointer un signal toutes les fois qu'un certain nombre de rotations aura été effectué. On verra immédiatement, puisque chaque centimètre du papier, correspond à une minute, quel a été non-seulement le chemin total parcouru, mais encore la vitesse à chaque moment du parcours. Il est évident, par exemple, que, si nous avons un signal seulement de marqué sur le premier centimètre et deux sur le second, nous saurons de suite que le véhicule aura eu dans la seconde minute de son trajet une vitesse double de celle qu'il avait en commençant.

Si on voulait transformer les points ainsi obtenus en une courbe continue dont le mouvement indiqua immédiatement à l'œil les variations de vitesse aux divers moments du parcours, il n'y aurait qu'à élever sur une ligne horizontale, divisée en espaces représentant le temps, des ordonnées proportionnelles par leur hauteur au nombre de signaux inscrits sur chaque division du papier. L'ordonnée correspondant au centimètre où il y a eu 11 signaux d'indiqués sera quatre fois plus haute, par conséquent, que celle correspondant au centimètre, où il n'y a en eu qu'un, ce qui indique immédiatement à l'œil que la vitesse a été quatre fois plus grande. Les sommets de ces ordonnées étant réunis par une courbe, cette dernière fera connaître exactement la marche du véhicule. S'il s'agit par exemple, d'un train de chemin de fer, et que sur la ligne où sont les divisions du temps, on inscrive le nom des stations aux points correspondants aux moments d'arrivée, on verra par les inflexions et les élévations de la courbe les diverses variations de vitesse.

Des appareils enregistreurs fournissant les résultats dont nous venons de parler, ont été fréquemment utilisés sur les chemins de fer. On actionne le stylet inscripteur en plaçant sur le moyeu d'une roue une came qui fait mouvoir une dent d'un rouage à chaque tour.

On a construit divers appareils pour obtenir directement la courbe qu'on est obligé de construire artificiellement par la méthode qui précède. Je mentionnerai parmi eux un instrument exposé par M. Marey, sous le nom d'odographe, et qui, lorsqu'il aura subi quelques perfectionnements destinés à le rendre pratique, pourra rendre des services. Je lui en emprunte la description.

« Cet instrument se compose d'un cylindre vertical tournant d'une manière uniforme sous l'action de rouages d'horlogerie placés à son intérieur. Ce cylindre est couvert de papier gradué millimétriquement; sa vitesse est calculée de façon que chaque millimètre corresponde à une durée connue : une minute, par exemple.

» Parallèlement à l'axe du cylindre, se meut un style inscripteur portant une plume chargée d'une encre à la glycérine qui ne se dèssèche pas. Ce style est conduit dans une rainure qui se trouve à la face inférieure d'une des colonnes de l'appareil; cette colonne est creuse et dans son intérieur est une vis qui tourne lentement et fait monter le style inscripteur. Il s'agit de commander le mouvement de la vis par celui de l'essieu du véhicule. Pour cela on se sert d'une soufflerie à air dont le tube, pénétrant par la partie supérieure du cylindre, se rend dans un tambour à membrane situé à l'intérieur de ce cylindre. Chaque va-et-vient de l'air, actionne la menbrane dont les mouvements alternatifs com-

mandent un encliquetage qui fait tourner la tête de la vis motrice par laquelle le style est commandé. Une disposition particulière fait que le style, une fois arrivé au sommet de la colonne, retombe au bas de celle-ci et recommence une ascension nouvelle. De cette façon, on peut écrire pendant plusieurs tours du cylindre sans que les tracés se confondent. Un tel instrument peut fonctionner pendant plusieurs jours consécutifs sur une voiture ou sur un wagon. La rapidité avec laquelle marche le style traceur étant liée à celle du train lui-même, on verra la pointe écrivante se déplacer d'un mouvement accéléré au moment du démarrage et d'un mouvement diminué lors des arrêts. En outre les rampes et les descentes se signaleront par des ralentissements et des accélérations du style. On obtient de cette façon la courbe expérimentale des espaces parcourus à tout instant par un train ».

Outre l'usage que je viens de décrire, cet instrument permet d'apprécier la fréquence d'un phénomène, par exemple les variations de l'écoulement d'un liquide, la vitesse du pouls, celle de la respiration, etc.; dans un temps donné. Mais comme il a besoin pour être actionné d'une certaine force, il est difficile alors de l'employer, à moins d'avoir recours à un mécanisme compliqué destiné à le faire actionner par un électro-aimant.

Ayant eu besoin dans nos expériences d'un instrument qui nous fît connaître les variations de fréquences d'un phénomène, nous avons adapté au chariot inscripteur de notre appareil, un mécanisme très-simple et peu coûteux, n'ayant besoin pour être actionné que de la force infiniment faible nécessaire pour mettre deux fils métalliques en contact. Bien que destiné à des recherches physiologiques, il pourra, comme le précédent, être appliqué à déterminer la courbe de la marche d'un véhicule, d'un train de chemin de fer, par exemple, et à résoudre même des problèmes de mécanique importants, tels que la détermination de régularité de la marche d'une machine.

Nous avons déjà donné plus haut un dessin de notre appareil. Le mécanisme qui sert à enregistrer la courbe de fréquence se trouve à l'extrémité du chariot qui porte, comme nous l'avons dit, la tige sur laquelle sont assujettis les appareils-inscripteurs dont il détermine la marche par la rotation d'une vis sans fin.

Le mécanisme destiné à obtenir les courbes de fréquence est constitué, comme nous l'avons dit, par une roue dentée mûe par un électro-aimant, et recevant de celui-ci un mouvement de rotation plus ou moins rapide, suivant que les mouvements de l'électro-aimant se font eux-mêmes plus ou moins vite. C'est le phénomène lui-même (oscillation du pouls, chûte d'une goutte de liquide, contact d'une came fixée à la roue d'une machine ou d'un véhicule, etc.), qui produit par un contact électrique le mouvement de l'électro-aimant. Plus les contacts électriques s'établissent fréquemment, et plus la roue tourne rapidement. Son mouvement se transmettant par un engrenage conique à la vis du chariot qui porte les appareils inscripteurs. Ce dernier avance donc avec une rapidité variable suivant la fréquence du phénomène.

Il est facile de comprendre comment la courbe ainsi obtenue fait connaître la fréquence du phénomène observé. Lorsque l'appareil fonctionne, le cylindre et le levier inscripteur étant animés d'une vitesse égale, ce levier trace sur le papier une ligne droite qui formera l'hypoténuse d'un triangle rectangle, quand le papier aura été déroulé. Si la vitesse est inégale, cette ligne oblique sera plus ou moins inclinée. Plus elle se rapprochera de la verticale, plus la fréquence du phénomène aura été grande; quand elle sera horizontale elle correspondra à un arrêt complet. Le cylindre ayant une vitesse de rotation constante, un tour en une heure je suppose, il est facile par une division du papier en 60 parties de savoir à quel moment s'est produit l'arrêt, l'accélération

ou le ralentissement. Rien ne serait plus facile que d'appliquer cet appareil à l'appréciation de la marche d'une voiture.

Construction graphique d'excentriques destinés à imiter un mouvement quelconque. — On sait que des mouvements très-compliqués peuvent être exécutés par des appareils nommés excentriques, dont la forme varie suivant le mouvement à produire. On peut, dans certains cas, obliger le phénomène à tracer d'abord lui-même les mouvements que l'instrument construit sur ces indications, devra répéter. Nous montrerons une application de cette méthode. en donnant la description du moyen employé par M. Marey, pour construire avec la courbe du mouvement du cœur, obtenue par le sphygmographe, un excentrique destiné par sa rotation à animer le levier d'un appareil devant imiter les mouvements de cet organe.

« Soit fig. 42, la courbe amplifiée d'une systole du cœur vide et de la diactole qui lui fait suite; on divise l'abscisse de cette courbe en un certain nombre de parties égales, 20 par exemple. A chacune de ces divisions, on élève, jusqu'à la rencontre de la courbe, une série de perpendiculaires. Chacune de ces ordonnées exprime l'étendue du mouvement de traction qui devra être opéré à une série de 20 instants successifs pour produire un mouvement semblable par sa forme à celui que produit la fibre du ventricule en se racourcissant.

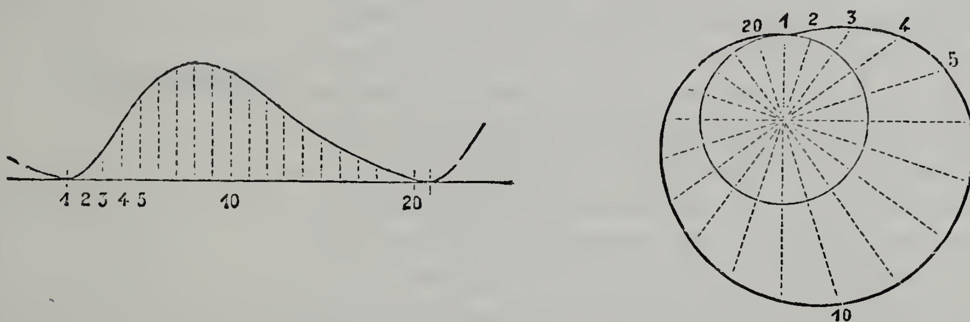


Fig. 42 et 43. — Construction d'un excentrique destiné à imiter un mouvement quelconque.

» Cette suite de racourcissements devant être commandés par la roue, celle-ci devra avoir à chaque 20me successif de sa révolution des excentricites égales ou proportionnelles à la série des ordonnées de la courbe. Pour remplir cette condition, on prend une planchette au milieu de laquelle on inscrit un cercle du centre duquel partent 20 rayons équidistants. L'un de ces rayons sera prolongé d'une quantité égale à la longueur de la première ordonnée de la courbe, le suivant, le sera d'une quantité égale à la deuxième ordonnée, et ainsi de suite jusqu'au 20e rayon, dont le prolongement sera égal à la 20e ordonnée de la courbe musculaire du cœur. En réunissant entre elles les extrémités de toutes ces lignes, on obtiendra une courbe fermée sur elle-même. C'est suivant cette courbe qu'on devra faire passer le trait de scie que découpera la came. L'axe de celle-ci traversera le centre du cercle primitivement tracé; quant au sens de la rotation qu'on devra imprimer à la came, il est commandé par l'ordre suivant lequel on aura construit la courbe. Les points qui correspondent aux phases 1, 2, 3, etc., du tracé ventriculaire, devant se présenter dans le même ordre à chaque tour de came.

Copie en relief d'un corps solide par la méthode graphique. — J'ai longuement décris dans les *Bulletins de la Société d'Anthropologie,* deux instruments que j'ai imaginé, et qui permettent, non seulement de prendre toutes les mesures possibles sur la tête, mais encore, au moyen d'une construction gra-

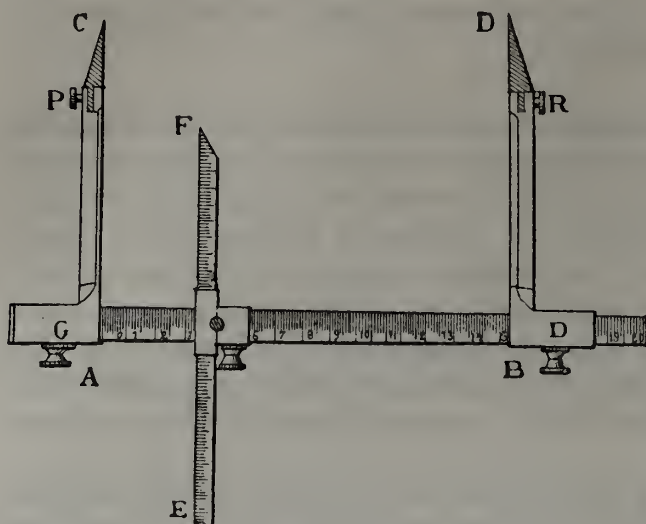


Fig. 44.

phique, de copier en relief, de grandeur naturelle, agrandie ou réduite, un corps solide quelconque, la tête humaine par exemple. Ils ont figuré tous les deux à l'Exposition des sciences anthropologiques. J'en ai récemment imaginé un troisième qui résout bien plus simplement encore ce dernier problème. Je les décrirai succinctement tous les trois parce qu'ils peuvent avoir des applications nombreuses et représentent des phases diverses de l'évolution d'une même idée.

Le premier, auquel j'ai donné le nom de *compas des coordonnées,* est un instrument de poche fort simple (1) qui permet de prendre sur le vivant des mesures qu'on ne pouvait prendre autrefois qu'avec des instruments de laboratoire encombrants et nullement portatifs. Il repose sur les principes de géométrie supérieure, qui permettent de définir la position d'un point ou d'une série de points dans l'espace, par la connaissance de leurs coordonnées. Les figures ci-jointes en éviteront une description qu'on trouvera, du reste, complète dans le *Bulletin* que j'ai mentionné.

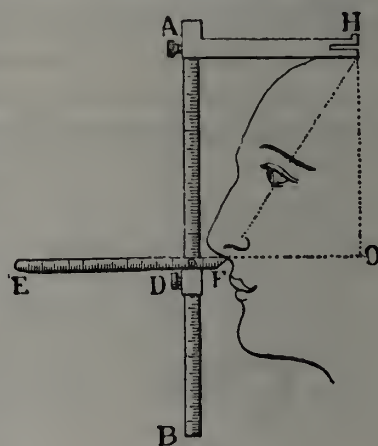


Fig. 45.

Le contour de la tête se prend avec une lame de plomb qu'on maintient par ses extrémités entre les mors de l'instrument et dont on suit ensuite les contours sur le papier avec un crayon. Le profil de la face s'obtient en prenant avec la réglette mobile, les ordonnées d'une douzaine de points importants comme l'indique la fig. 45. La fig. 46 fait connaître comment on mesure la hauteur de la tête, soit au-dessus de l'oreille, soit au-dessus de la base du nez. L'instrument est maintenu vertical, au moyen d'un fil à plomb fixé en A. Il est inutile de faire remarquer qu'aucun compas d'épaisseur quelconque ne pourrait donner cette hauteur verticale, pas plus qu'il ne pourrait donner la hauteur d'un cône dont le centre de la base serait inaccessible. La hauteur à mesurer en effet, est le côté vertical $Ho = AD$ du triangle rectangle, dont un compas d'épaisseur ne peut donner que l'hypoténuse H F.

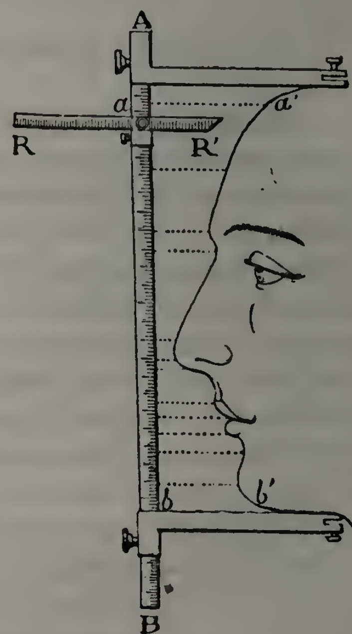


Fig. 46.

Fig. 44, 45 et 46. — Compas des coordonnées du Dr G. Le Bon et emploi de l'instrument.

En dehors de ses applications à la céphalométrie : mesures d'angles, diamètres, etc., qu'on trouvera dans le mémoire consacré à sa description, cet instrument permet de résoudre divers problèmes de géométrie intéressants, tels que ceux, par exemple, relatifs aux courbes que détermine la section des corps

(1) Celui que j'ai fait construire par Molteni peut être fabriqué par le premier ouvrier venu pour une trentaine de francs, malgré la précision de son ajustement.

solides par des plans. En ce qui concerne ces sections, il est aisé de voir que le solide étant saisi par les deux branches de l'instrument, et la réglette mobile étant promenée sur le corps solide de façon à lui rester constamment adhérent, on a, au moyen des graduations de l'instrument, un système d'ordonnées qui permettent d'obtenir, par une construction graphique fort simple, la courbe déterminée sur le solide par le plan qui l'a coupé. On peut ainsi démontrer expérimentalement que la section d'un cône par un plan est un cercle, une ellipse, une parabole ou une hyperbole, suivant l'inclinaison de ce plan.

Cet instrument permet donc de reconstruire graphiquement par le système des coordonnées rectangulaires la courbe déterminée sur un corps solide par la section d'un plan. Mais il est facile de voir qu'un solide quelconque peut être considéré comme constitué par la superposition d'un nombre infini de plans horizontaux. Il est évident, par exemple, que si l'on coupait une tête par une série de tranches horizontales également espacées, il suffirait ensuite de superposer toutes ces tranches dans leur ordre de section pour reconstituer cette tête. Or, nous venons de voir que l'instrument qui précède pouvait donner la copie exacte de chacune de ces tranches horizontales, rien ne devra donc être plus facile que de reproduire ce corps lui-même. Il suffira, l'instrument étant supposé ajusté sur un support vertical mobile, de prendre le profil de ces sections de millimètre en millimètre, de les reporter sur des lames de carton de 1 millimètre d'épaisseur, de couper ces dernières suivant le contour indiqué et enfin de les superposer. Il est évident que ces feuilles superposées donneront un corps solide qui sera la reproduction exacte du modèle.

Exécutée comme je viens de le dire, l'opération, facile en théorie, serait fort difficile en pratique. C'est pour la rendre plus simple, que j'ai imaginé le second des instruments dont j'ai parlé plus haut. Fondé sur les mêmes principes géométriques que le précédent, il permet de prendre presque instantanément les contours des corps solides, et donne par conséquent la série des profils horizontaux dont la superposition permet de reconstituer le corps. Il se compose essentiellement de trois cadres de cuivre formés chacun de deux lames parallèles pouvant être serrées avec des vis de pression. Entre ces lames glissent à frottement très-doux des tiges métalliques parallèles parfaitement cylindriques, de 20 centimètres de longueur sur 2 millimètres d'épaisseur et en contact l'une de l'autre.

Par un artifice mécanique, consistant surtout à monter les lames sur un tissu spécial comme sont montées sur du papier les épingles vendues en feuilles, nous avons obtenu, d'une part, que les tiges restassent constamment parallèles à elles-mêmes, et d'autres part, qu'elles ne puissent tomber et s'enchevêtrer les unes dans les autres, quand on desserre les deux cadres qui les maintiennent. C'est surtout ce double inconvénient qui avait fait renoncer depuis longtemps à l'instrument nommé *profilomètre*, qui ne donnait du reste que le profil du visage, tandis que ce nouvel instrument donne le profil de la tête entière, vertical ou horizontal. Ce profil obtenu, il n'y a qu'à serrer les vis pour maintenir les tiges immobiles, poser le cadre à plat sur une feuille de papier et suivre le contour des tiges avec un crayon. On a soin de poser cette feuille de papier sur une feuille de carton assez épaisse pour compenser l'épaisseur du cadre, de façon que les tiges métalliques se trouvent bien au niveau du papier.

Supposons maintenant que nous voulions adapter l'instrument à la reproduction en relief d'un corps solide, la tête par exemple. J'ai démontré plus haut que par la superposition d'un nombre suffisant de profils horizontaux d'un corps solide, on pourrait reproduire ce corps. Il ne reste donc plus qu'à indiquer la manière d'opérer avec l'instrument. Elle est très-simple. Le cadre supérieur

étant ajusté à plat sur l'extrémité d'une tige verticale graduée, pouvant s'enfoncer à volonté dans un support solide monté sur un pied, et la tête étant rendue immobile au moyen d'un appui-tête analogue à celui des photographes, on prend horizontalement à des distances égales, de 5 en 5 millimètres par exemple, des profils horizontaux de la tête. Les courbes ainsi obtenues sont reportées au crayon sur des feuilles de carton mince qui, taillées, servent elles-mêmes de patrons pour découper des feuilles d'argile, de cire ou de substances analogues ayant exactement l'épaisseur précédente. En superposant dans leur ordre toutes ces lamelles dont chacune a naturellement reçu deux points de repère, il n'y a plus qu'à rabattre quelques angles avec un ébauchoir pour avoir une copie de la tête. Avec deux cadres et un aide, qui suit au crayon sur le carton un profil obtenu pendant que l'opérateur prend un autre profil, on pourrait aller fort vite.

Je ferai remarquer que, même pour un artiste habile préférant copier d'après nature, l'instrument qui précède sera toujours utile, car c'est le seul qui lui permette de vérifier si une région donnée est parfaitement conforme à l'original. L'instrument ayant été en effet appliqué sur la partie à examiner doit, quand on l'applique sur la même région de la copie, en suivre exactement les contours. Les points où il s'en écarte sont ceux qui ne sont pas conformes à l'original.

Comme on peut, avec le pantographe, agrandir ou réduire à volonté le dessin des profils obtenus par la méthode qui précède, on voit qu'on peut obtenir avec exactitude une copie en relief grandie ou réduite de l'original.

En dehors de ses applications à la sculpture, cet appareil permettrait de résoudre facilement divers problèmes géométriques importants, et notamment de montrer immédiatement quelle est la courbe déterminée sur un solide quelconque, cylindre, cône, ellipsoïde, etc., par la section d'un plan.

Malgré sa simplicité, l'appareil qui précède présente dans son emploi quelques difficultés de manipulation qui m'ont fait songer à le remplacer. J'ai alors imaginé un troisième procédé basé au fond sur le même principe, mais supprimant complétement l'emploi des aiguilles du précédent. Il se compose comme le stéréographe de Broca, de deux tiges verticales réunies par une traverse et reliées par un support à un cadre articulé, qui leur permet de se mouvoir en tous sens dans le même plan. La tête se place entre les deux tiges verticales. L'une porte à sa partie inférieure, un crayon qui en se déplaçant, trace un trait sur une feuille de papier fixée à une planchette. L'autre, porte un trait horizontal dans lequel peut glisser une tige métallique graduée. Tous les contours suivis par cette tige sont reproduits sur le papier. L'instrument imaginé par Broca ne permettait de reproduire que le profil vertical et horizontal de la tête. En remplaçant la tige horizontale non graduée par une longue tige graduée et faisant subir à l'instrument plusieurs modifications qui ne sauraient trouver place ici, j'ai pu prendre les *courbes de niveau* de la tête, et par conséquent, avoir en main un dessin contenant comme les cartes topographiques à courbes de niveau, les éléments nécessaires pour reconstituer le relief d'où elles dérivent. On conçoit, en effet, que si après avoir suivi, avec la tige graduée, le profil le plus extérieur de la tête, on recule cette tige en la faisant glisser dans le tube qui lui sert de support d'une quantité déterminée $^1/_2$ centimètre, je suppose et qu'on réitère la même opération, en retirant toujours la tige de $^1/_2$ centimètre, on aura une série de courbes de niveau équidistant de $^1/_2$ centimètre qui représenteront exactement ce qu'on obtiendrait en coupant la tête en tranches verticales parallèles de $^1/_2$ centimètre d'épaisseur. Avec ce dessin, on pourra par des procédés décrits en topographie, obtenir sans instruments, un profil suivant une section quelconque ce qui serait fort difficile sur le vivant, et par conséquent, obtenir des mesures au moins aussi exactes que celles qu'on prendrait sur la tête elle-même.

VI. — APPAREILS ENREGISTREURS EMPLOYÉS EN BALISTIQUE.

Enregistrement de la vitesse des projectiles. — J. Cassini parait être le premier qui, en 1707, ait indiqué un procédé pour mesurer la vitesse des projectiles. Son instrument, nommé pendule balistique, a été usité jusque dans ces dernières années. Il consiste en un pendule inférieurement terminé par une masse volumineuse dans laquelle on lance le projectile. De l'amplitude de l'oscillation imprimée à cette masse, on déduisait la vitesse du projectile.

En 1840, le physicien Wheatson proposa d'employer l'électricité pour enregistrer le temps qu'un boulet emploie pour atteindre une cible. Son appareil se composait d'un mécanisme d'horlogerie dont les aiguilles ne marchaient que le temps employé par le projectile pour parcourir sa trajectoire. C'était ce projectile lui même qui, en rompant au départ et à l'arrivée une cible en relation avec un mécanisme d'horlogerie au moyen de fils électriques, déterminait le départ ou l'arrêt des rouages. Cet appareil était peu précis et ne donnait que l'instant du départ et celui de l'arrivée du projectile.

Quelques années plus tard, le capitaine Konstantinoff construisit un chronographe qui mesurait la durée du trajet des diverses parties d'une trajectoire; le boulet traversait une série de cibles formées de fils métalliques parallèles et assez rapprochés pour qu'il pût en couper au moins deux en passant. Chacune des cibles étant en relation par un électro-aimant avec un cylindre enregistreur animé d'une vitesse connue, chaque rupture du courant déterminait la production d'un signal à la surface de ce dernier. M. de Brette fit subir plusieurs modifications à cet appareil sans réussir à le rendre bien pratique, par suite de la difficulté qu'il y a à donner une vitesse constante à un cylindre enregistreur et du temps variable qu'emploient les électro-aimants pour fonctionner.

Ces deux difficultés, le retard du fonctionnement des électro-aimants et l'impossibilité de mesurer le temps par la rotation d'un cylindre dont la vitesse n'est que bien rarement constante furent l'objet de nombreuses recherches. On résolut partiellement la première en supprimant les électro-aimants et employant comme moyen d'enregistrement l'étincelle que produit un courant d'induction en éclatant entre une pointe et un cylindre métallique recouvert de noir de fumée lors du passage du boulet entre les fils des cibles. Ce procédé d'enregistrement, encore employé en Angleterre dans le chronoscope du capitaine Noble, exige un matériel assez compliqué et n'a pas du reste toute la précision que l'on pourrait supposer, parce que l'étincelle au lieu d'éclater suivant la normale entre le cylindre et la pointe éclate en divers sens, ce qui rend difficile la détermination exacte de sa position.

La seconde difficulté que nous avons mentionnée, celle de mesurer exactement le temps, a été complètement résolue par l'emploi du diapason, dû au capitaine Schultz. Dans son chronographe, le temps est marqué à la surface du cylindre en enregistrant les vibrations d'un diapason. En comptant alors le nombre de vibrations compris entre deux signaux on a en millièmes de seconde, si le diapason vibre mille fois par seconde, le temps qu'a mis le boulet à passer entre deux cibles sans avoir à s'inquiéter du degré de régularité de la vitesse du cylindre sur laquelle on se basait pour la mesure du temps dans les anciens appareils.

Cette difficulté résolue, il ne restait, pour avoir un appareil enregistreur parfait, qu'à surmonter celle résultant du retard de fonctionnement des électro-aimants. Elle l'a été récemment par M. Marcel Deprez qui a trouvé le moyen de réduire considérablement la période d'aimantation et de désaimantation des

électro-aimants. Grâce à ce progrès, le chronographe Schultz est devenu le meilleur des instruments dont on puisse faire usage en artillerie.

Le modèle employé récemment dans des expériences faites par le ministère de la Marine se compose d'un gros cylindre mu par un mécanisme d'horlogerie. Le temps est marqué à sa surface par un diapason électrique vibrant 500 fois par seconde, ce qui permet par une division en deux de chaque vibration de lire le millième de seconde, et même davantage. Pour que les tracés ne se recouvrent pas, le cylindre est animé, outre son mouvement de rotation, d'un mouvement de translation qui fait que ces tracés s'enroulent en hélice. Dix petits électro-aimants de Deprez placés parallèlement à l'axe du cylindre et portant chacun une plume d'acier en relation avec les cibles que doit couper le projectile tracent sur le cylindre en mouvement une circonférence. Quand le courant qui anime chacun d'eux est interrompu, la pointe d'acier fixée à leur armature est déplacée et le crochet qu'elle trace indique l'instant du passage du boulet. Le nombre des vibrations du diapason inscrit entre les signaux fait connaître le temps que le projectile a mis pour passer d'une cible à l'autre.

M. le colonel Sébert a présenté en 1878, à la Société d'encouragement, un nouveau chronographe, dit *chronographe de chute*, dans lequel la mesure des durées se déduit de la loi de la chute des corps. Il est simplement formé de deux montants entre lesquels peut tomber librement un poids soutenu par un organe de déclanchement qu'on peut placer à une hauteur quelconque entre les montants.

Pour enregistrer la durée d'un phénomène, celle des vibrations d'une lame vibrante, par exemple, la lame est fixée sur l'un des montants de l'appareil. Une plaque enduite de noir de fumée est ajustée sur une des faces du poids, de façon à l'obliger à passer devant l'extrémité de cette lame lors de sa chute. De l'étendue du tracé sinusoïdal inscrit à sa surface, on déduit, étant connue la vitesse du poids à ce moment, vitesse indiquée par la hauteur de chute, le nombre des vibrations.

L'appareil précédent peut fonctionner électriquement, mais il est alors très-compliqué.

Dans nos recherches sur le système nerveux, nous avons dû, après avoir essayé les divers chronographes connus, en imaginer de nouveaux. Parmi eux se trouve également un chronographe de chute dont j'aurai à parler plus loin. Au lieu de se faire verticalement, la chute du corps se fait sur un plan incliné, et l'enregistrement au noir de fumée ainsi que les calculs sont supprimés. Le poids est en relation avec une poulie portant une aiguille mobile autour d'un cadran sur lequel a été tracé expérimentalement en centièmes de seconde le temps qui s'est écoulé entre le moment, où le phénomène dont on veut mesurer la vitesse a produit par son commencement la chute du corps pesant (cube roulant sur des galets) et par sa fin, l'arrêt du fil qui relie le poids à la poulie. Cet appareil, d'une simplicité extrême, et que le premier venu peut construire, remplacerait avantageusement pour les cabinets de physique la machine d'Atwood employée à la démonstration des lois de la chute des corps.

Enregistrement des pressions déterminées par la combustion de la poudre. — Il est très-important pour les études diverses que comporte la fabrication de la poudre et le tir des projectiles, de connaître la pression que détermine dans l'intérieur d'une capacité close, comme une arme à feu, la combustion de la poudre.

Le mathématicien d'Arcy, en 1760 et le physicien Rumfort en 1792, furent les premiers à s'occuper de cette question. Dans ses expériences, encore classiques

aujourd'hui, ce dernier faisait brûler de la poudre dans un vase en fer forgé fermé par un couvercle métallique bien plan sur lequel on posait des poids. L'expérience était recommencée jusqu'à ce que les gaz produits par la combustion de la poudre n'eussent plus la force de soulever le couvercle. Dans certaines expériences, il fallut employer jusqu'à 8000 livres. Du poids qu'il fallait employer on déduisait la relation existant entre l'effort développé par la poudre en brûlant dans une capacité close, et le volume de cette capacité. Suivant Rumfort, la poudre brûlant dans son propre volume, c'est-à-dire dans le cas de combustion à chambre pleine, développerait une pression de 55000 atmosphères. Dans son traité d'artillerie, Piobert a fait voir que ce chiffre ne devait pas en réalité dépasser 12000 atmosphères. Dans les expériences beaucoup plus récentes du capitaine Noble les pressions constatées ne se sont pas même élevées à la moitié de ce dernier chiffre.

Une des plus ingénieuses méthodes d'enregistrement des pressions produites par la combustion de la poudre a été imaginée en 1857, aux États-Unis, par Rodman. Elle est très-répandue à cause de sa grande simplicité, mais plus commode que précise. Elle consiste à placer sur la tête d'un piston engagé dans un canal percé normalement dans la paroi de la bouche à feu un poinçon d'acier de forme pyramidale en contact avec un disque de cuivre maintenu contre une enclume d'acier. La pression du gaz sur le piston fait pénétrer le poinçon dans le disque de cuivre jusqu'au moment où la résistance du métal fait équilibre à l'effort développé par les gaz. De la grandeur de l'empreinte on déduit, d'après une graduation expérimentale, la pression produite. L'appareil peut au besoin se placer au fond même de la pièce, ou en différents points de sa longueur pour étudier les variations de la pression suivant la distance.

Le poinçon Rodman a été adopté par la plupart des gouvernements pour leurs Commissions d'expériences sur les bouches à feu, mais on substitue généralement aujourd'hui à l'enfoncement de poinçons d'acier dans une rondelle en cuivre, l'écrasement d'un cylindre de même métal sous l'action d'un piston plein. Ce dernier appareil connu sous le nom de *Cruisher* est adopté en Angleterre par la Commission des matières explosibles.

Depuis quelques années on commence à faire usage en artillerie d'instruments plus précis que ceux qui précèdent, et qui permettent de calculer exactement la pression développée dans les divers points d'une bouche à feu, d'après la vitesse du projectile dans les différentes parties de cette pièce. On commence par percer latéralement dans le canon un certain nombre de canaux, contenant chacun une tige de fer terminée par une pièce articulée faisant saillie à l'intérieur. Le passage du projectile produit la rupture d'un fil de cuivre faisant partie d'un circuit électrique. On utilise le courant de rupture ainsi produit, soit à déterminer une étincelle qui laisse sa trace sur une série de cylindres enregistreurs, comme dans le chronoscope Noble, soit à agir sur un diapason et un électro-aimant comme dans le chronographe Schültz. On constate ainsi que diverses poudres, tout en imprimant cependant des vitesses initiales égales à un même projectile, présentent des différences considérables sous le rapport des pressions. Certaines poudres ne développent le maximum de pression qu'au bout de 16 millièmes de seconde sur une durée totale de parcours du projectile dans la pièce, de 23 millièmes. Dans d'autres, la durée totale du parcours n'est que de 2 millièmes de seconde, et le maximum de pression se produit après un demi-millième de seconde. Dans ces expériences, le maximum de pression obtenu a varié, d'après le calcul, entre 2200 et 4400 atmosphères.

M. Deprez a imaginé récemment un appareil nommé *accélérographe* qui permet d'enregistrer d'un seul coup la loi de succession des pressions développées pendant le tir dans l'âme de la pièce. Il est composé d'un piston pouvant glisser

librement dans un canal communiquant avec l'âme de la pièce. Ce piston porte un cadre dans lequel s'introduit une plaque métallique recouverte de noir de fumée. Devant cette plaque se meut perpendiculairement à l'axe du piston, un style d'acier porté par un chariot guidé entre deux coulisses et sollicité à se mouvoir par un ressort de caoutchouc tendu que le départ du projectile rend libre. Quand la poudre s'enflamme, le piston et le chariot partent en même temps et la combinaison de leurs mouvements fait tracer au style sur le noir de fumée une courbe dont la forme permet de déterminer la loi des espaces parcourus par le piston en fonction du temps. Des expériences préalables exécutées avec un chronographe ont permis de déterminer la loi du mouvement rectiligne du style, c'est-à-dire l'espace parcouru par lui au bout de 1, 2, 3 millièmes de seconde, espace variable naturellement suivant la tension initiale du caoutchouc et la force élastique du ressort. Il est évident, que si les deux mouvements rectangulaires du style et du piston étaient uniformes, la courbe tracée serait la diagonale du rectangle construit sur les deux parcours. On tâche de s'approcher de cette condition en faisant varier la tension du ressort.

L'instrument qui précède a servi en 1874 à diverses expériences faites par le colonel Sébert pour l'artillerie de la marine. Afin de le rendre plus précis, on y a ajouté une lame vibrante donnant 1000 vibrations par seconde, et qui inscrit ses vibrations sur la plaque noircie portée par le cylindre, en sorte que les intervalles compris entre les intersections successives de son tracé sinusoïdal avec la ligne droite qu'elle tracerait au repos, donnent de suite les espaces parcourus par le piston pendant chaque millième de seconde. La lame bandée avant le tir n'est dégagée que par le départ du piston.

Les hauteurs des ordonnées des courbes ainsi obtenues font connaître le chemin parcouru par le piston au bout de 1, 2, 3 millièmes de seconde. L'aspect de ces courbes est très-clair, et montre que certaines poudres, celles de Wetteren, en usage actuellement au département de la marine, par exemple, ont une vivacité bien moindre, et par suite présentent moins de chances d'explosion que l'ancienne poudre à canon du Ripault.

Parmi les appareils enregistreurs employés en balistique, je citerai encore un instrument ingénieux que M. Sébert a présenté récemment sous le nom de *vélocimètre* à la Société d'encouragement pour mesurer la loi du mouvement de recul d'une bouche à feu. Il consiste en une lame d'acier pouvant glisser dans une coulisse horizontale placée sur un support indépendant du canon. Cette lame est reliée à la partie de ce dernier, dont on veut étudier le recul, par un fil d'acier qu'entraîne le recul de la pièce. Si nous supposons cette lame d'acier recouverte de noir de fumée, et que nous placions au-dessus d'elle un diapason électrique muni d'un style inscripteur, on comprend facilement qu'aussitôt que la lame sera entraînée par le recul, les traits produits par le diapason, qui se superposaient au repos, s'écarteront et formeront un tracé sinusoïdal dont l'écartement mesuré sur la ligne médiane fera connaître le recul du canon pour des intervalles de temps indiqués par le nombre de vibrations du diapason. L'instrument employé donnait 750 vibrations doubles par seconde.

Comme le fait remarquer l'auteur, cet instrument peut servir à étudier la loi du mouvement d'un corps recevant une brusque impulsion, d'un ressort qui se détend, du piston d'une machine, du mouvement d'un individu qui opère une brusque traction avec la main, etc.

VII. — APPAREILS ENREGISTREURS EMPLOYÉS EN PHYSIOLOGIE.

Enregistrement des variations de vitesse du sang dans les vaisseaux. — La vitesse de la circulation d'un liquide dans des canaux très-irréguliers, comme les artères, peut se déterminer par divers appareils basés, soit sur la déviation d'un corps, pendule, aiguille, hélice, etc., en relation avec le liquide, soit sur le temps que le liquide met à traverser des espaces fermés d'une capacité connue, soit sur les différences de pression du liquide en divers points de son parcours. Volkmann, en Allemagne, fut un des premiers qui rechercha la vitesse du sang dans les vaisseaux en mettant l'artère en relation avec un tube en *u* plein d'eau, de capacité connue, et voyant le temps qu'il fallait au sang pour expulser ce liquide. Vierordt mesura la vitesse par la déviation que le liquide imprimait à un pendule dont l'écartement de la verticale s'inscrivait sur un cylindre enregistreur. Chauveau employa un appareil nommé hémodromographe constitué par un tube en rapport avec l'artère et à moitié fermé par une palette placée à l'extrémité d'une aiguille en relation avec un tambour à levier auquel elle transmet, ainsi qu'au levier enregistreur, l'effort qu'elle reçoit. Cet appareil qui nécessite un courant assez fort n'est applicable qu'à de grands animaux, bœufs, chevaux, etc., et est comme les précédents peu pratique.

Enregistrement des variations de pression du sang dans les vaisseaux. — Les variations de pression du sang dans les vaisseaux se mesurent très-simplement en mettant le vaisseau en relation avec un manomètre à mercure, à la

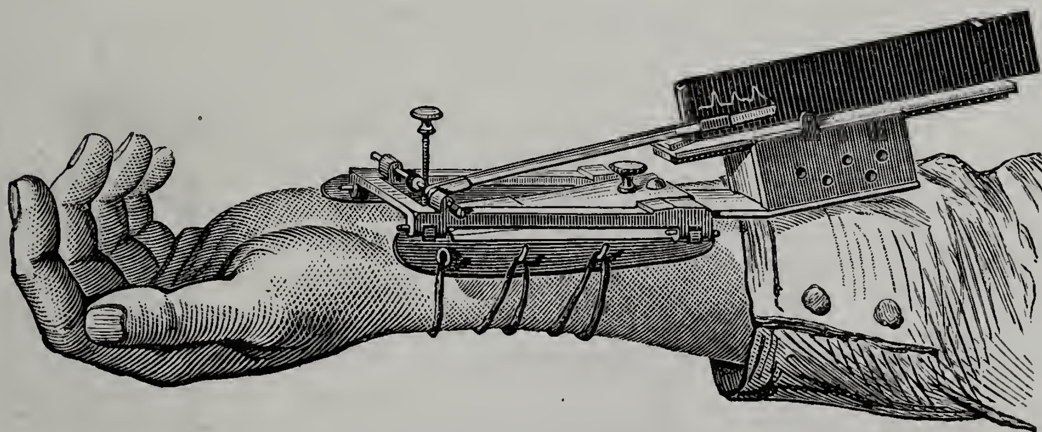


Fig. 47. — Sphygmographe à inscription directe de Marey.

partie supérieure duquel se trouve un flotteur muni d'une pointe écrivant sur un cylindre enregistreur vertical. Cet appareil nommé *Kymographion* par Ludwig, fut le premier appareil enregistreur employé en physiologie. Les oscillations propres de la colonne mercurielle déformant le tracé, l'instrument n'est bon que pour donner des pressions constantes, ou qui varient lentement; Fik l'a remplacé par un appareil nommé *Federkymographion* constitué par un tube de manomètre métallique changeant comme lui de courbure quand la pression varie dans son intérieur. Un levier inscripteur amplifie et écrit ses déformations.

Ces appareils exigeant des mutilations ne sont pas applicables à l'homme. Le seul appareil qui puisse être alors employé est l'instrument nommé *Sphygmographe*, qui fait indirectement connaître les variations de la pression du sang dans les artères, d'après le changement de consistance qu'elles présentent. Une tige légère étant appuyée sur le poignet au niveau de l'artère radicale transmet

les oscillations que lui imprime l'artère à un petit levier qui les marque sur une feuille de papier entraîné par un mouvement d'horlogerie.

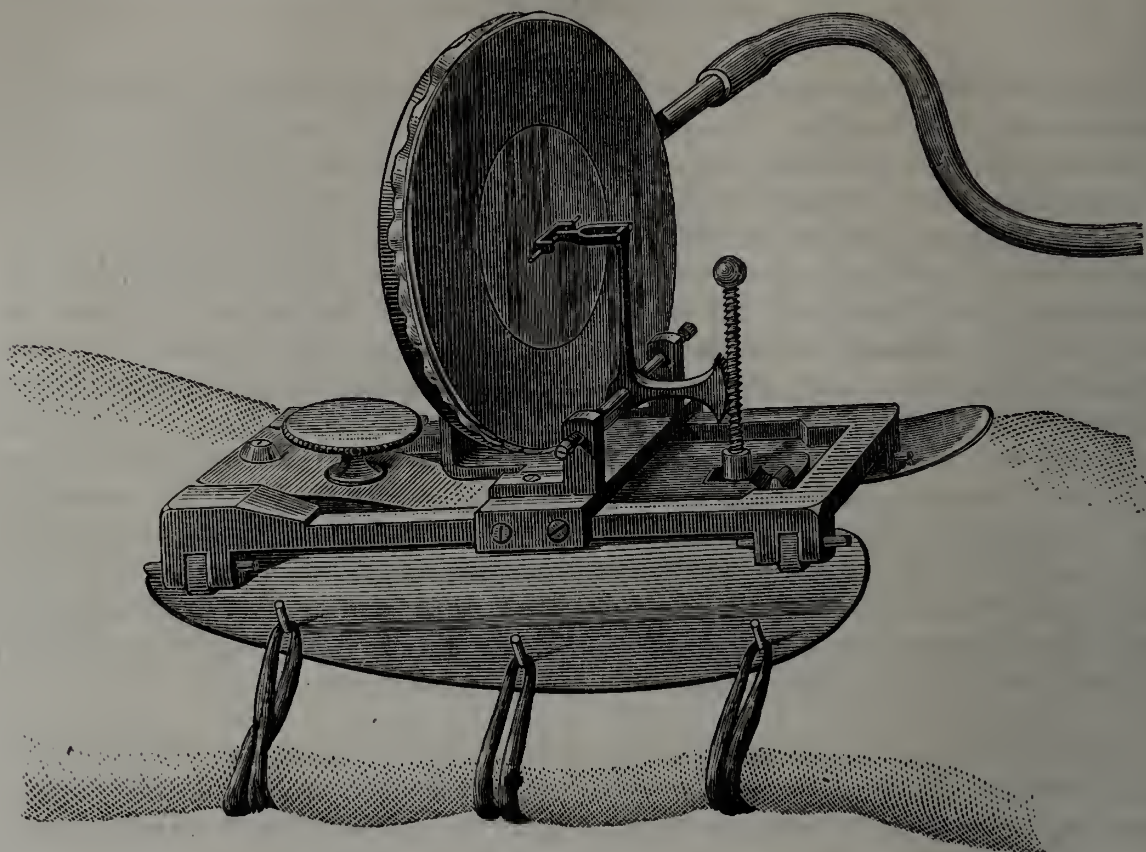


Fig. 48. — Sphygmographe à transmission de Marey.

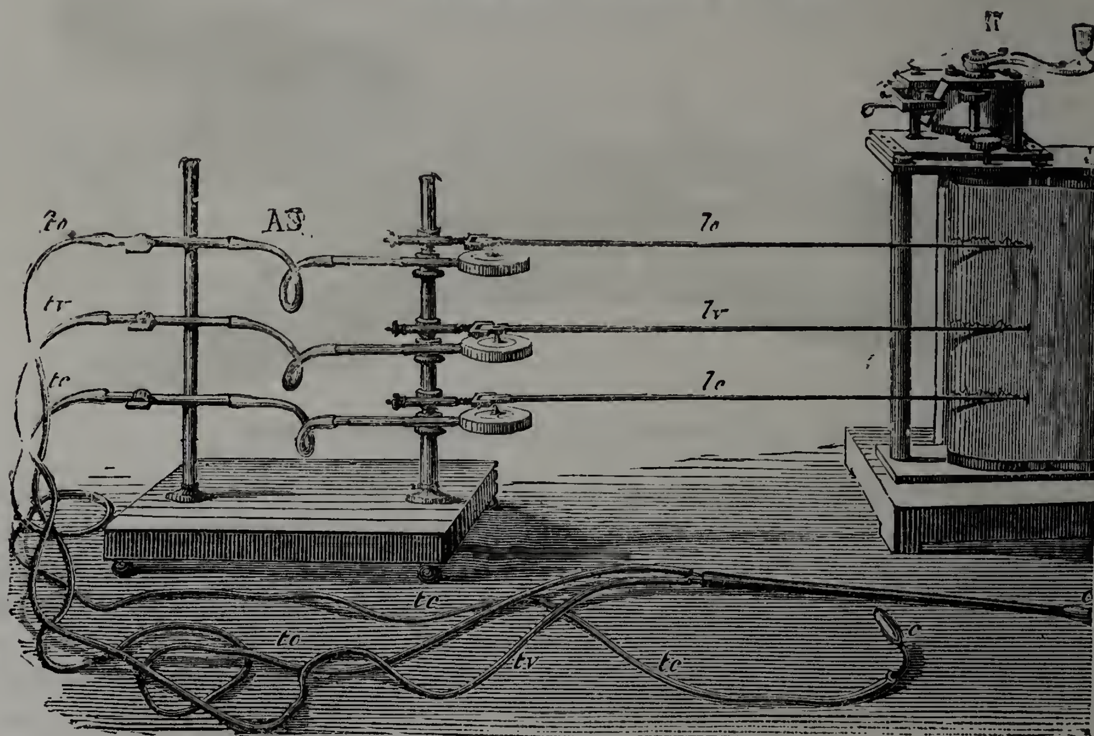


Fig. 49. — *Cardiographe de Chauveau et Marey.*
c ampoule qu'on introduit dans le cœur de l'animal. *tc, tv, to,* Ac tubes de caoutchouc, le levier inscripteur. H appareil enregistreur.

Le sphygmographe a été imaginé par le physiologiste allemand Vierordt, et perfectionné par M. Marey. Malgré les inconvénients de cet appareil, son

usage est aujourd'hui très-répandu parmi les médecins. Il constitue même à peu près le seul appareil enregistreur dont ils fassent usage.

M. Marey a modifié son sphygmographe de façon à pouvoir l'appliquer sur la poitrine au niveau du cœur et inscrire les battements de ce dernier. Cet instrument, nommé *cardiographe* ne donne pas d'autres résultats que le sphygmographe, et est d'une application bien moins facile. Quand on opère sur des animaux on le remplace par une sorte d'ampoule élastique placée à l'extrémité d'une sonde qu'on introduit par les vaisseaux du cou dans le cœur. Les changements de l'organe se communiquent au cylindre enregistreur par l'intermédiaire de tubes en caoutchouc et de tambours à levier semblables à ceux que nous avons décrits.

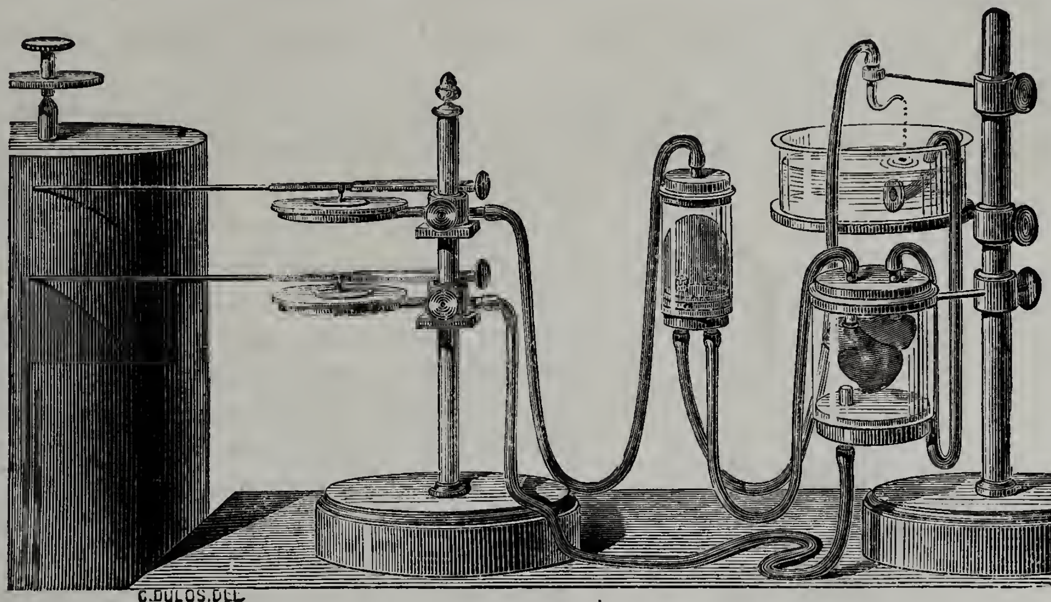


Fig. 50. — Appareil de Marey pour l'enregistrement du changement de volume d'un cœur de tortue dans lequel on entretient une circulation artificielle.

Bien des auteurs ont proposé des modifications diverses au sphygmographe, mais leurs appareils ne présentent pas de supériorité sur le précédent. Je ne mentionnerai parmi eux que le sphymographe du Dr Ozanam, à cause des dispositions ingénieuses de son mouvement d'horlogerie. L'appareil se compose d'un petit cylindre de quelques centimètres de diamètre, sur lequel s'enroule une bande de papier entraînée par un mouvement d'horlogerie. Les oscillations du pouls s'inscrivent sur ce cylindre au moyen d'un levier flottant à la surface d'une petite éprouvette pleine de mercure, en relation par un tube de caoutchouc également plein du même métal, avec un petit entonnoir fermé par une membrane élastique qu'on applique sur l'artère. Les battements de cette dernière soulèvent la colonne mercurielle et par suite le levier inscripteur qui la surmonte. Cette disposition est très-simple et permet de placer la plus grande partie de l'appareil à une certaine distance du sujet, mais les oscillations de la colonne mercurielle déforment considérablement les tracés, et, à moins d'opérer sur des individus à artères très-résistantes, la plupart des courbes ainsi obtenues se ressemblent. Je crois cependant qu'en associant certaines dispositions mécaniques de cet instrument à celui de Marey on pourrait construire un appareil présentant des avantages réels sur ceux existant actuellement.

Un physiologiste italien, M. Mosso, a imaginé dans ces derniers temps un sphygmographe basé sur un principe tout à fait différent de ceux qui précèdent et d'une exactitude supérieure, malheureusement son application n'est pas facile, et il n'est guère jusqu'à présent sorti des laboratoires. Il repose sur une idée du reste fort ancienne, et déjà appliquée par divers observateurs, Fik notamment. Elle consiste à enfermer le bras dans un manchon de verre plein d'eau horizontale-

ment placé sur une planchette suspendue à un fil et communiquant par un tube avec une éprouvette contenant une certaine quantité d'eau. Les variations de volume des vaisseaux produits par les variations de la masse du sang qui arrive dans les artères feront varier le volume du membre, et par suite le niveau du liquide dans l'éprouvette. Un flotteur surmonté d'un levier inscripteur écrit sur un cylindre enregistreur les variations de hauteur qui se produisent. Contrairement à ce qu'on pourrait supposer tout d'abord, cet appareil est d'une sensibilité excessive et de beaucoup supérieure à celle du sphygmographe. La moindre émotion, comme la lecture d'un poëme, le bruit produit par la fermeture d'une porte détermine, au dire de l'auteur, des variations de circulation indiquées par l'instrument.

Avec son appareil, M. Mosso a déjà constaté plusieurs résultats intéressants dont voici les plus curieux :

« 1° Chaque fois que l'esprit étant au repos sort de ce repos pour faire un travail intellectuel, résoudre une question, exécuter un calcul, le tracé du pouls se modifie profondément. Le type et la forme de chaque pulsation de l'avant-bras sont complétement changés, les vaisseaux se contractent et le cœur augmente la fréquence de ses battements. En même temps il se produit une augmentation de volume du cerveau ; la constatation de ce fait a été possible sur trois sujets qui avaient une ouverture accidentelle dans les parois du crâne.

« 2° Pendant le sommeil, les bruits, les attouchements, l'action de la lumière, en un mot toutes les excitations sensorielles sont suivies d'un changement profond dans la forme du pouls ; et cela, alors même que dans un sommeil profond l'impression n'est pas perçue et qu'il n'en reste pas de souvenir. »

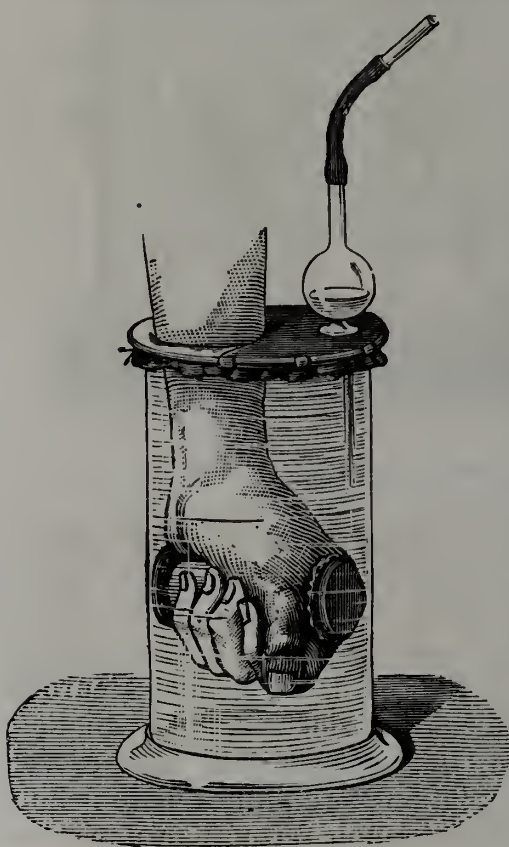


Fig. 51. — Appareil du Dr Frank pour enregistrer les variations du volume de la main.

Dans son dernier modèle désigné sous le nom de *plethysphygmographe*, l'auteur obtient l'inscription du changement de volume du liquide dans lequel le membre est plongé, en le faisant directement communiquer avec un tambour à levier. Au lieu de plonger le bras du sujet dans un manchon de verre, ce qui entraine le maniement d'un matériel assez compliqué, on peut se borner à y introduire la main. Un ingénieux physiologiste, M. le Dr François Frank a construit dans ce but un appareil très-simple dont nous donnons le dessin.

Enregistrement des mouvements respiratoires. — L'invention d'un instrument destiné à enregistrer les mouvements respiratoires est due, comme celle du sphygmographe au physiologiste allemand Vierordt. En 1855, il publia avec Ludwig un travail important sur les mouvements respiratoires. Marey simplifia son appareil en le remplaçant par un cylindre élastique creux placé sur le trajet d'une ceinture entourant la poitrine. La compression plus ou moins grande de l'air dans ce cylindre par les mouvements de dilatation ou de contraction de la poitrine se transmet par un tube à un tambour enregistreur à levier. L'inspiration se traduit par une ligne descendante, l'expiration par une ligne ascen-

dante. D'autres dispositions inutiles à décrire, car elles ne donnent pas de résultats supérieurs aux précédents, ont été proposées.

L'instrument qui précède nommé pneumographe, est un instrument très-utile et fort simple, le plus simple assurément des appareils physiologiques enregistreurs, et bien que les médecins n'en fassent pas encore usage il pourrait leur rendre de très-précieux services. Il permet notamment d'apprécier les moindres variations de durée et d'amplitude de chacun des mouvements respiratoires, et même le volume d'air qui entre dans les poumons à chaque mouvement respiratoire. Si on prend en effet un réservoir de 200 litres de capacité et qu'on le mette en communication par un large tube avec la bouche, et par un autre tube plus petit avec le levier d'un tambour enregistreur, la raréfaction de l'air et la compression qui se produisent pendant les mouvements respiratoires se traduisent sur le cylindre par une courbe identique à celle obtenue avec le pneumographe, réglé de façon à donner la même amplitude aux deux tracés, ce qui prouve que les mouvements de la respiration ont une intensité proportionnelle aux quantités d'air qui entrent ou sortent de la poitrine pendant les mouvements respiratoires.

Pour calculer avec la courbe ainsi obtenue le volume d'air introduit dans les poumons, il suffit de rechercher quel volume il faut introduire dans le réservoir précédent pour produire une élévation de levier égal à celle obtenue sur le tracé respiratoire. M. Marey opère de la façon suivante :

« On met le réservoir en communication avec le tube insufflateur du spiromètre à cloche de Hutchinson, et l'on presse sur la cloche jusqu'à ce que l'air expulsé ait soulevé le levier enregistreur au niveau du maximum de la courbe qu'on évalue. On note sur la graduation de la cloche le niveau de l'eau à ce moment; on soulève ensuite la cloche jusqu'à ce que le levier soit redescendu au niveau du minimum de la courbe, et l'on note de nouveau le niveau de l'eau. De ces deux notations extrêmes se déduit le volume de l'air qui est passé du réservoir dans la cloche pour produire l'écart du levier dont on cherchait la valeur en litres et centilitres d'air. Il est déjà évident que ce volume est identique avec celui qui a été chassé du poumon dans l'expiration. Mais on a vu tout à l'heure que le tracé recueilli d'après les mouvements de la poitrine est parallèle au tracé recueilli par les mouvements de l'air. On pourra donc, d'après le tracé des mouvements thoraciques, évaluer le volume d'air mis en mouvement en un temps donné, pourvu qu'on ait déterminé le volume d'air correspondant à l'une des respirations inscrites. Cette méthode permettra donc d'évaluer les volumes d'air mis en action dans les différentes formes de la respiration,

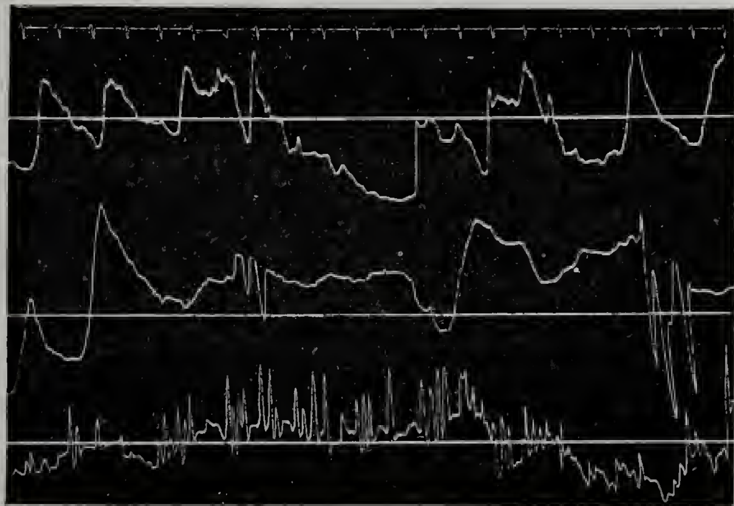


Fig. 52.

Fig. 52. — *Tracés obtenus au pneumographe sur l'homme au laboratoire du Dr Gustave Le Bon.*
La ligne supérieure a été tracée par le métronome à air précédemment décrit, l'instrument étant réglé de façon à battre la demi seconde. Les autres lignes ont été tracées par le pneumographe appliqué sur la poitrine pendant que le sujet parlait, chantait et toussait. On voit combien sont variables les tracés obtenus dans les différents cas.

et d'apprécier l'activité de la fonction respiratoire dans diverses circonstances. »

Pendant divers actes physiologiques, tels que le chant, la voix, la parole, etc., la durée des inspirations et des expirations, qui était la même à l'état normal, devient très-inégale ; la durée de l'expiration s'accroît considérablement et elle se fait plus ou moins saccadée suivant l'air chanté, les paroles prononcées, etc., nous avons enregistré la respiration pendant qu'un sujet prononçait un discours, chantait des airs très-différents, et obtenu, comme on le voit par la figure 52, des résultats fort curieux. Je crois que les chanteurs et les orateurs pourraient utiliser cet instrument pour leur indiquer dans quelle position ils font le moins de dépense possible d'air dans un temps donné pour produire le plus d'effet possible, et leur faire constater jour par jour les progrès réalisés par une éducation convenable. On sait de quelle importance est, pour un orateur ou un chanteur qui veut éviter la fatigue, d'écomiser le plus possible le volume d'air introduit dans la poitrine à chaque inspiration.

D'autres appareils que le pneumographe, tels que l'anapnographe de Bergeron ont été imaginés pour inscrire les mouvements respiratoires et indiquer la capacité du poumon. Ce dernier consiste essentiellement en un entonnoir placé devant le nez et la bouche, communiquant par un tube avec une boîte fermée par une valve en relation avec un levier enregistreur. Les écarts de cette valve et par conséquent du levier enregistreur sont proportionnels aux quantités d'air écoulées. L'appareil est bien plus compliqué que le précédent et ne fournit pas de résultat supérieur.

Enregistrement des contractions musculaires. — La plupart des fonctions se traduisant par des mouvements, et les mouvements ne pouvant se produire

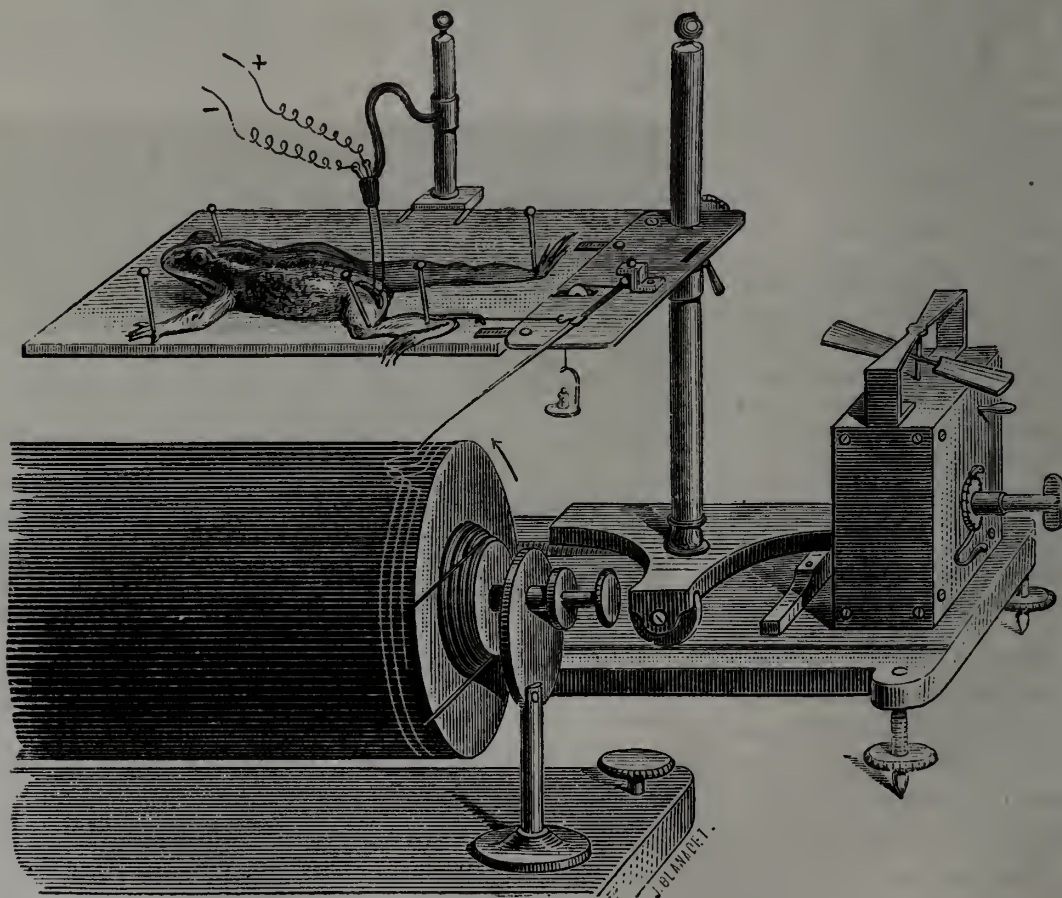


Fig. 53. — Myographe à enregistrement direct de Marey.

que par des contractions musculaires, on conçoit l'importance que présente l'étude de ces contractions. Le premier appareil destiné à enregistrer des con-

tractions musculaires a été imaginé par un des plus illustres physiologistes et physiciens modernes Helmholtz. Son appareil, nommé *myographe*, lui permit de faire une série d'expériences mémorables, telles que la mesure de la vitesse de transmission de l'agent nerveux moteur. Cet appareil très-perfectionné aujourd'hui a été l'objet de modifications nombreuses qui l'ont rendu plus simple et plus précis.

L'exploration des mouvements musculaires se fait en attachant au moyen d'un fil le tendon d'un muscle d'une grenouille ou d'un petit animal quelconque près de la base d'un levier oscillant autour d'un axe dans un plan horizontal et pouvant être ramené dans la position dont on l'a écarté par un contre-poids. Le levier est terminé par une pointe en rapport avec un cylindre enregistreur. Les moindres mouvements produits par la contraction musculaire sont immédiatement enregistrés. Cet appareil et l'animal sur lequel on expérimente sont fixés sur un support qu'un mécanisme d'horlogerie promène devant le cylindre enregistreur.

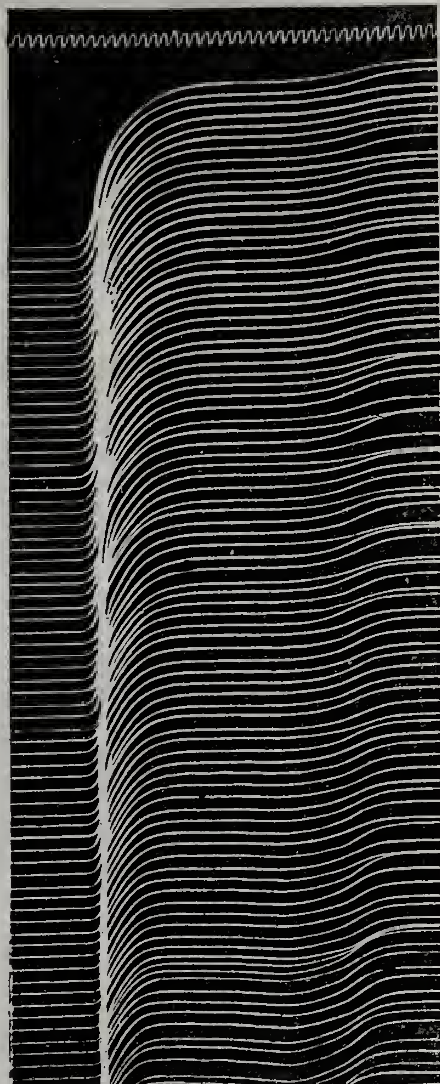


Fig. 57. — *Contractions musculaires obtenues au myographe.*

Ce dessin a été obtenu à notre laboratoire d'après la photographie d'un tracé produit par l'animal en expérience. La ligne supérieure représente le tracé sinusoïdal produit par l'inscription d'un diapason donnant le centième de seconde. Chaque trait en forme de V renversé a donc été inscrit en un centième de seconde.

Le plus simple des myographes est celui de M. Marey. Nous l'avons adopté pour nos recherches, mais avec des modifications importantes qui permettent de réduire son prix de moitié.

Lorsque les expériences de contraction doivent être répétées plusieurs fois, ce qui est nécessaire quand on veut comparer l'effet des excitations sur des muscles dans diverses conditions (fatigue, repos, refroidissement, échauffement, empoisonnement, etc.), il faut pour éviter de la confusion, que les courbes se disposent régulièrement les unes auprès des autres. On y arrive en envoyant l'excitation toujours au même point de rotation du cylindre. S'il s'agit d'excitations électriques, par exemple, une lame qui peut abaisser une pointe fixée près de la circonférence du cylindre, vient interrompre un courant à intervalles égaux. La comparaison de ces courbes est très-instructive. Dans celle que nous figurons, et qui a été prise à notre laboratoire, on voit facilement qu'à mesure que l'animal a été excité, il y a eu par suite de la fatigue croissante des muscles une diminution graduelle de l'amplitude de la secousse.

Dans les expériences myographiques, ainsi du reste que dans toutes les expériences physiologiques, on a souvent besoin de courants soit induits soit continus, dont il est nécessaire de pouvoir faire varier l'intensité et le nombre des interruptions. Je donne ici le dessin d'un appareil simple et peu coûteux que nous avons fait construire pour nos recherches. Les figures 57 et 58 faisant comprendre facilement son mécanisme, il suffira d'en décrire rapidement l'usage.

Pour obtenir des ruptures isolées dans les expériences de myographie avec le

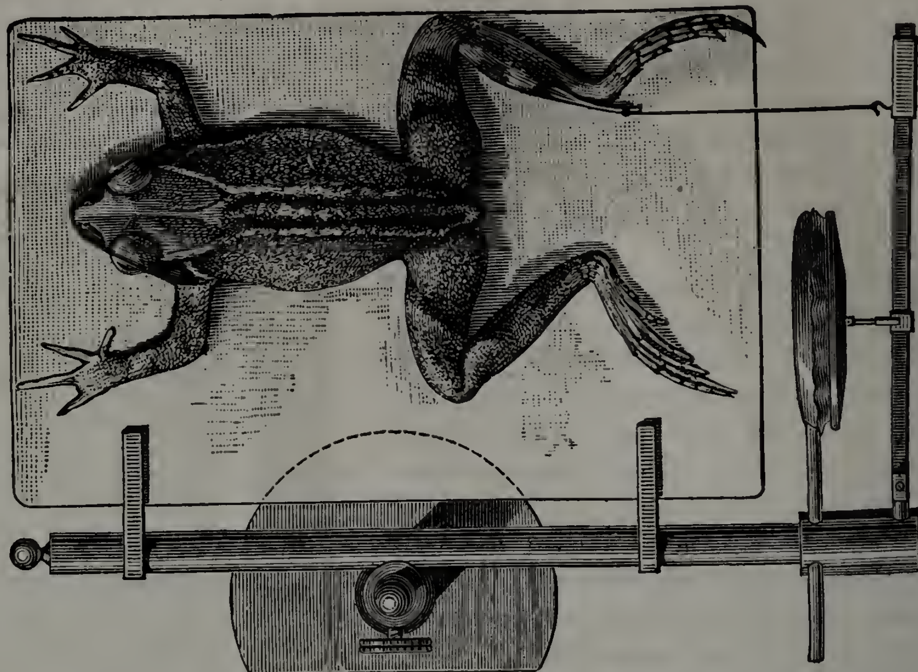


Fig. 54. — Myographe à transmission de M. Marey.

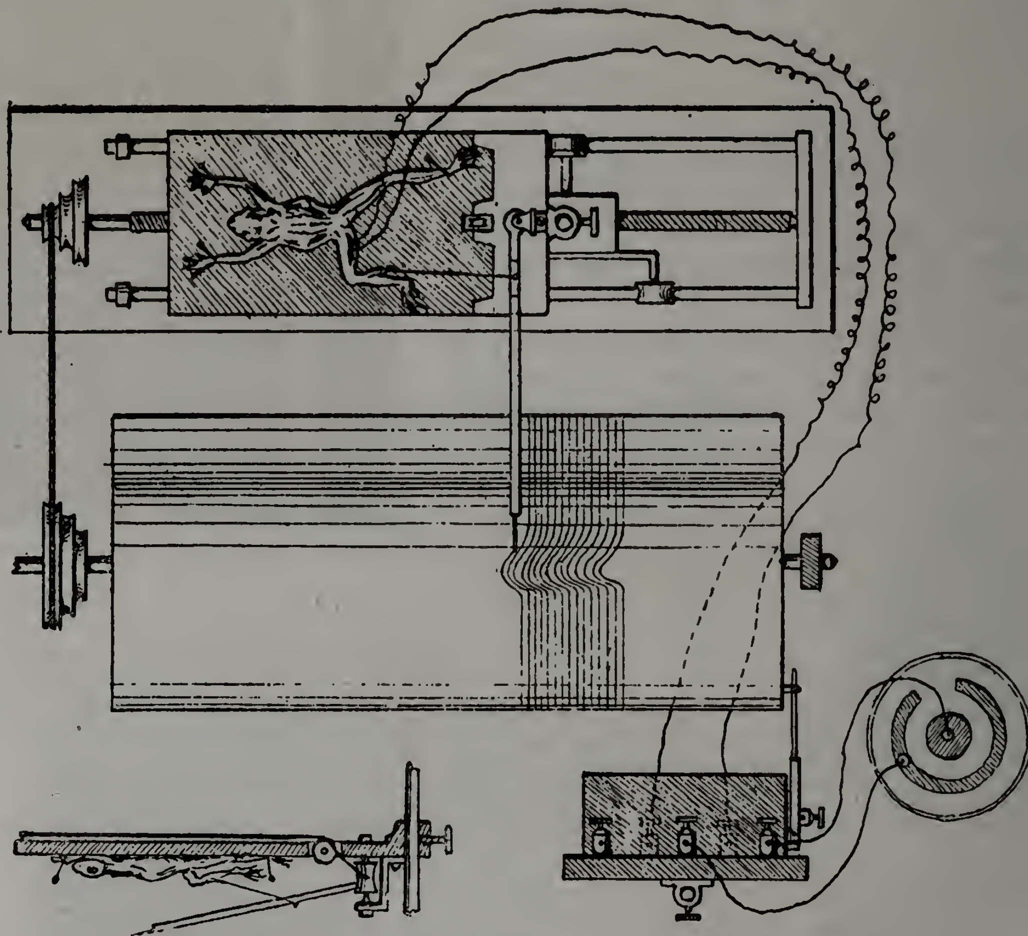


Fig. 55 et 56. — *Myographe* (modèle des Drs Noël et G. Le Bon).

Cet appareil est destiné à inscrire les phases diverses du mouvement des muscles. Le tendon du muscle gastrocnémien d'une grenouille est relié par un fil à un léger levier inscripteur, lequel est ramené à sa position initiale quand il en est écarté par la contraction des muscles de la grenouille au moyen d'un ressort antagoniste formé d'un fil en caoutchouc dont on voit la disposition sur la figure 55. — L'animal étant immobilisé sur une plaque de liége fixée au chariot inscripteur reçoit une excitation à des intervalles déterminé au moyen de l'appareil électrique décrit plus loin. On voit facilement en examinant la figure comment à chaque révolution du cylindre, une pièce fixée sur ce dernier vient butter contre une saillie de l'appareil électrique et produire un courant de rupture. Les mouvements des muscles ainsi produits s'inscrivent régulièrement sur le cylindre comme on le voit sur la figure.

cylindre enregistreur, un ressort d'acier pressant contre une pièce métallique M fixée sur la boîte de l'instrument, permet de rompre ou établir une communication avec la pile. Lorsque la goupille que porte le cylindre enregistreur

Fig. 58 et 59. — *Appareil Volta-faradique des Drs Noël et Gustave Le Bon.*

Cet appareil se compose d'une bobine d'induction, d'un interrupteur à trembleur, d'un interrupteur à paillette, avec graduateur d'intensité à came et d'un graduateur du nombre des interruptions du courant. Son fonctionnement est le suivant :

1° Interruptions automatiques du courant (fig. 57) : Le courant entre par la borne A passe par les pièces DEFG pour se rendre à la borne H du circuit inducteur qu'il traverse, sort de la bobine par la borne I et gagne l'électro-aimant JK, puis de là arrive au trembleur LM pour sortir de l'appareil par le fil V et la borne C. La fréquence des oscillations de la tige LL est réglée par le déplacement d'une petite masse P suspendue à un fil qui passe sur une poulie R et s'enroule plus ou moins sur la gorge d'une 2e poulie S, à l'axe de laquelle est fixée une aiguille parcourant sur un cadran des divisions en regard desquelles est tracée une graduation expérimentale indiquant le nombre d'interruptions qui correspond à telle ou telle position de l'aiguille.

2° Interruptions du courant par le cylindre (fig. 58) : Aux deux pièces E et F sont fixées deux lames de laiton, l'une rigide E, l'autre élastique G, cette dernière pressent la première lorsqu'une goupille C, fixée au cylindre enregistreur H vient à l'écarter ; le circuit inducteur est alors rompu. Le courant sort alors directement de l'electro-aimant en gagnant la borne B (fig. 57), *sans passer par le trembleur.*

La graduation de l'intensité se fait de la façon suivante :

Le courant induit sort de la bobine par l'extrémité V (fig. 57), l'un des fils X gagne la borne N, l'autre Z vient plonger dans la partie supérieure d'un tube de caoutchouc W plein d'eau, le courant le traverse et sort par le fil Y aboutissant à la borne O. — Une came U à l'axe de laquelle est fixée une aiguille mobile sur un segment de cadran permet d'écraser plus ou moins complètement le tube en pressant sur la lame T, et de diminuer plus ou moins par conséquent l'intensité du courant : c'est le seul graduateur à eau qui puisse donner des variations d'intensité de 0 à 100 (pour avoir théoriquement 0 avec un tube ordinaire, il faudrait que la colonne d'eau fut infinie). On gradue expérimentalement le cadran.

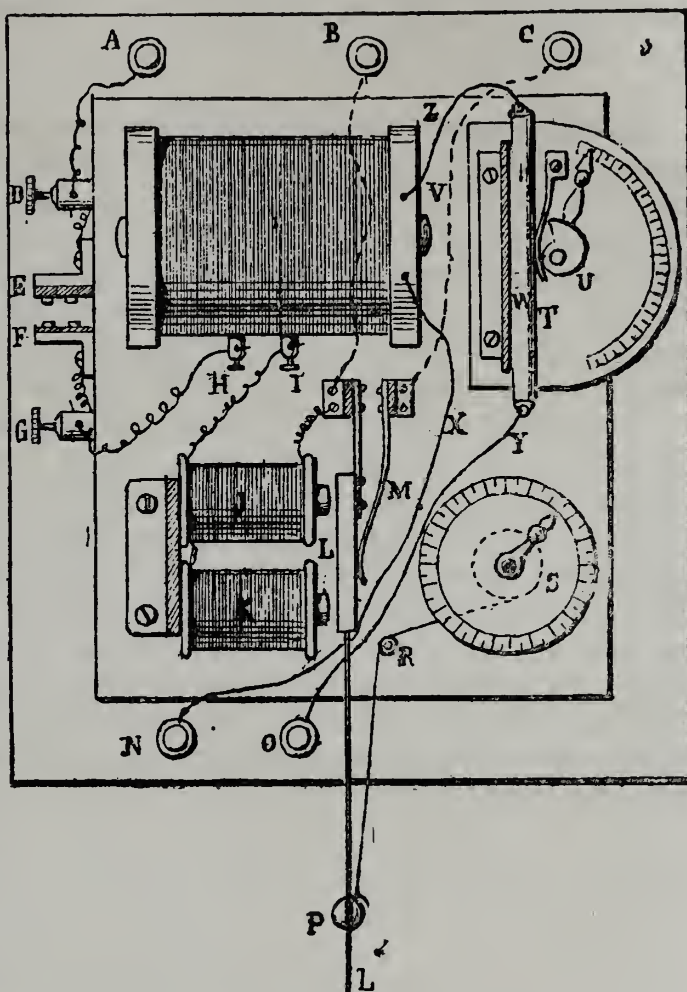


Fig. 58.

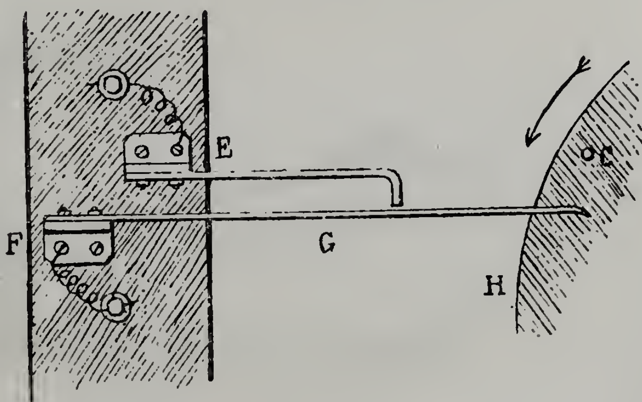


Fig. 59.

appuie sur le ressort, celui-ci s'abaisse, une rupture du courant se produit, et il en résulte, sur l'animal en expérience, une excitation. Lorsqu'on a besoin d'excitations rapides et graduées on les obtient au moyen d'un trembleur dont on peut faire varier les oscillations dans un rapport déterminé au moyen d'un poids qui se meut sur la tige du trembleur dont elle retarde plus ou moins à volonté les oscillations. Ce poids se remonte ou se descend à volonté au moyen d'un fil en relation avec une poulie dont l'axe porte une aiguille mobile sur un cadran expérimentalement gradué.

Pour diminuer à volonté l'intensité du courant, nous employons, comme Duchenne de Boulogne, une colonne de liquide, mais au lieu de faire varier sa hauteur, nous nous bornons à faire varier sa section. La colonne liquide, invariable de longueur, est contenue dans un petit tube de caoutchouc d'environ 5 centimètres de hauteur qui peut être comprimé d'une façon progressive par une came en forme de raquette.

Enregistrement des mouvements des membres de l'homme et des animaux. — Les divers mouvements des membres que l'homme et les animaux exécutent sont facilement enregistrés quelque rapides et compliqués que ces mouvements puissent être. La durée des battements de l'aile des insectes s'enregistre d'une façon fort simple en obligeant cette aile à frotter un cylindre enregistreur recouvert de noir de fumée sur lequel un diapason battant cent fois par seconde enregistre en même temps ses vibrations. Les mouvements varient de 9 par seconde pour le papillon à 330 pour la mouche dans le même temps.

Pour étudier la fréquence et la durée des mouvements de l'aile de l'oiseau, Marey a fixé au moyen d'un corset sur les muscles de la poitrine dont la contraction détermine les mouvements de l'aile, une sorte de capsule en caoutchouc contenant un ressort à boudin, et communiquant par un tube flexible avec un levier enregistreur. En même temps qu'un battement de l'aile se produit, un mécanisme détermine le passage d'un courant qui actionne un levier destiné à pointer sur un cylindre, le commencement de l'élévation et celui de l'abaissement du membre. On constate ainsi que les mouvements de l'aile de l'oiseau sont beaucoup plus lents que ceux accomplis par ceux de l'aile de la mouche. Ils varient entre 3 par seconde pour certains animaux comme la buse et 13 dans le même temps pour le moineau.

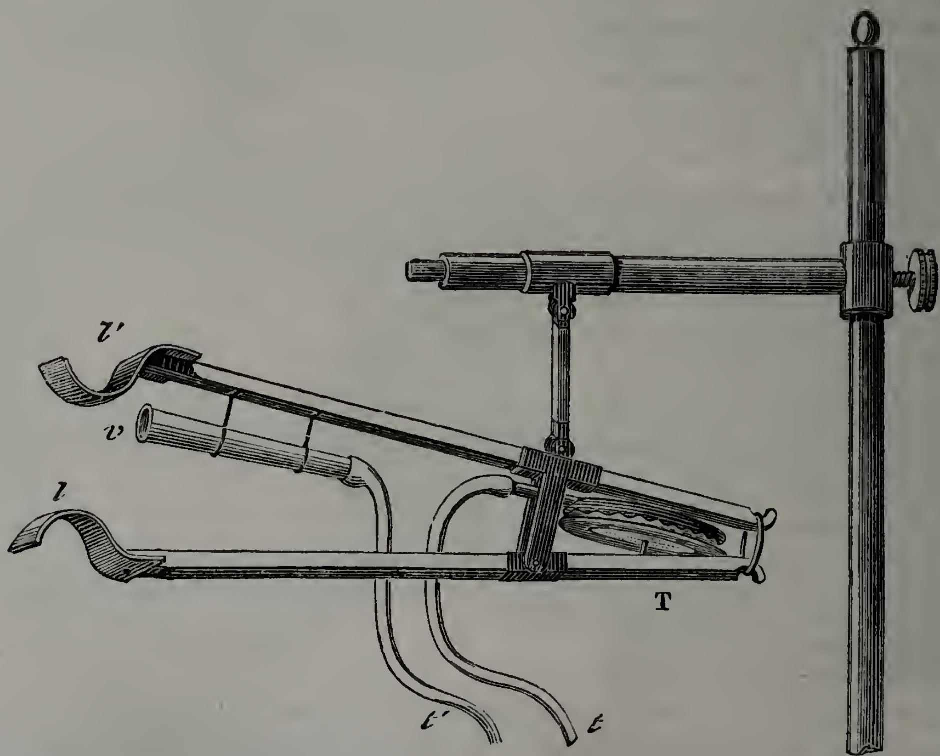


Fig. 60. — *Appareil inscripteur des mouvements des lèvres de Rosapelly et Marey.*
l l' gouttières qu'on place entre les lèvres. T tambour à air; *t t'* tube transmettant à un levier inscripteur les changements de volumes qu'éprouve le tambour sous l'influence du rapprochement ou de l'écartement des pièces *l* et *l'*.

Des mouvements quelconques peuvent être enregistrés par des appareils plus ou moins analogues à ceux qui précèdent. C'est ainsi que M. Rosapelly a pu

enregistrer au moyen d'un appareil fort simple, dont je reproduis le dessin, les mouvements des lèvres. L'auteur pense que ces inscriptions pourraient être fort utiles pour l'éducation des sourds-muets en leur donnant le tracé qu'ils doivent s'efforcer d'imiter par leurs mouvements jusqu'à ce qu'ils y aient réussi.

Les appareils enregistreurs ont été utilisés par M. Marey pour l'étude de la marche de l'homme et des animaux. Pour l'étude de la marche de l'homme une semelle en caoutchouc contient une petite capsule compressible en relation par un tube en caoutchouc avec les tambours à leviers des cylindres enregistreurs. Lorsque la semelle touche le sol, la capsule est comprimée et le mouvement est transmis par le tube en caoutchouc à l'enregistreur.

Des appareils analogues ont été employés pour déterminer les diverses phases de l'allure d'un animal et permettre de déterminer le moment où chaque membre vient frapper le sol, la durée de chaque mouvement, etc.

Les renseignements ainsi obtenus par M. Marey sur la marche du cheval sont intéressants, mais ont été bien distancés récemment par les photographies instantanées des allures du cheval à diverses vitesses, obtenues par un photographe de San-Franscisco, M. Muybridge. Ces photographies, dont plusieurs journaux ont reproduit les figures, montrent combien étaient erronées les idées que nous nous faisions de certaines allures du cheval et par suite les dessins faits d'après ces idées. Il pouvait sembler que sur des phénomènes aussi facilement observables que l'allure d'un cheval au galop il y avait bien peu de chose à apprendre, et cependant il suffit de comparer les œuvres des peintres anciens et même de ceux relativement modernes, comme Karl Vernet à celles d'artistes contemporains, tels que Meissonnier, pour voir combien, même avant la ressource de la photographie, les idées admises sur l'allure du cheval s'étaient transformées. En plaçant les photographies dont je parle dans le phanékisticope, instrument qui reproduit, comme on sait les sensations que donnent les corps en mouvement, un peintre pourrait obtenir en faisant tourner l'appareil plus ou moins vite le même résultat que s'il avait devant lui un cheval dont il lui serait à volonté possible de ralentir ou accélérer l'allure.

Il ne sera pas sans intérêt, je crois, de donner quelques détails sur les procédés de M. Muybridge. Ils n'ont pas été publiés encore et m'ont été fournis avec la plus gracieuse obligeance par M. l'ingénieur Brandon, correspondant de l'auteur.

Ainsi qu'on pouvait le prévoir facilement, c'est le cheval qui détermine par son passage l'ouverture et la fermeture des objectifs chargés de photographier son allure. En face des objectifs, c'est-à-dire de l'autre côté de la route que l'animal doit parcourir se trouvent une série de cadres sur lesquels sont dessinées des lignes verticales et horizontales équidistantes. Douze objectifs photographiques et autant de chambres noires se trouvent en face des cadres. Un mécanisme mû par un électro-aimant peut ouvrir et fermer instantanément chacun de ces objectifs aussitôt qu'un courant électrique le traverse. Le courant ne peut être établi que par le contact de deux lames élastiques maintenues habituellement écartées par un fil tendu en travers de la route et que le cheval doit briser par son passage. Un fil semblable existe pour chaque objectif. En passant devant les fils correspondant à chacun d'eux le cheval les rompt et détermine par suite l'ouverture puis la fermeture de l'objectif destiné à le photographier dans chacune de ses positions successives. Le fond quadrillé devant lequel passe l'animal se trouvant photographié en même temps, on a ainsi des points de repère qui permettent, d'après la position de chaque membre devant chaque fil, de connaitre exactement sa hauteur au-dessus du sol.

On trouvera dans l'*Annuaire du bureau des longitudes pour* 1879 l'indication d'un appareil assez simple, que nous avons vu fonctionner à l'Observatoire

de Meudon, pour photographier le soleil, et qui pourrait remplacer parfaitement, je crois, le précédent sur lequel il présenterait l'avantage d'éviter l'emploi de l'électricité et de permettre d'apprécier la durée de la pose. Il se compose simplement d'une planchette placée devant l'objectif percé d'un orifice circulaire à son centre et fermé par une planchette mobile glissant entre galets, et dans laquelle est pratiquée une petite fente rectangulaire assez étroite. A cette planchette est attaché un ressort à boudin qu'un fil peut tendre. Aussitôt qu'on coupe le fil, et c'est ce que le passage du cheval suffirait à produire, le ressort oblige la planchette mobile à passer rapidement devant le trou circulaire de l'objectif et permet aux rayons lumineux de venir impressionner le cliché. On mesure le temps de pose en disposant une plaque de verre noirci à la fumée sur la plaque mobile et devant elle un diapason muni d'une plume écrivante. La durée de la pose peut être inférieure à la cinq-centième partie d'une seconde.

Pour des photographies d'animaux, il faudrait régler la tension du ressort de façon que la pose fût plus longue. Il suffit en effet qu'elle soit plus courte que le temps nécessaire à l'animal pour faire un mouvement

Enregistrement de la vitesse de l'agent nerveux, et de la durée du temps qui sépare les excitations des réactions. — C'est Helmholtz le premier qui résolut, il y a 25 ans, le problème déclaré impossible par Jean Muller de mesurer la vitesse des propagations nerveuses. Il montra que les sensations et la volonté se propagent dans les nerfs avec une vitesse d'environ 30 mètres par seconde, c'est-à-dire à peu près celle d'un cheval de course ou d'une locomotive, vitesse très-minime quand on la compare à la transmission des diverses forces physiques, comme l'électricité par exemple.

La théorie de la méthode de Helmholtz est très-simple, mais son exécution est entourée de difficultés nombreuses. En voici le principe : Le sciatique d'une grenouille est excité à sa partie supérieure par un courant électrique qui produit en même temps sur un cylindre enregistreur un signal destiné à marquer le début de l'excitation. Un levier en relation avec le même cylindre ayant été attaché par un fil au tendon du muscle gastro-cnémien de l'animal se trouve mis en mouvement aussitôt que l'excitation est arrivée au muscle et l'oblige à se contracter. Le levier marquera donc un second signal sur le cylindre. On conçoit facilement qu'ayant mesuré la distance qui sépare les deux signaux, et connaissant d'autre part la vitesse de rotation du cylindre et la longueur du nerf, on puisse en déduire le temps que l'excitation met pour parcourir une longueur donnée d'un nerf.

L'expérience ainsi exécutée serait insuffisante parce que le muscle ne se contracte pas aussitôt qu'il est excité ; il y a ce qu'on nomme un temps perdu, qu'on peut comparer au temps nécessaire à la lumière pour agir sur la plaque photographique. Pour le connaître, on répète l'expérience précédente en excitant le nerf immédiatement dans le voisinage du muscle. S'il n'y avait pas de temps perdu la réaction suivrait immédiatement la contraction. L'intervalle qui s'écoule avant la production de la réaction représente ce temps perdu, et il n'y a plus qu'à le déduire du chiffre obtenu dans l'expérience précédente.

L'expérience que je viens d'indiquer a été perfectionnée par un grand nombre de physiologistes, notamment par M. Marey ; elle est cependant restée d'une exécution très-délicate. C'est sans doute pour cette raison que les chiffres donnés par divers expérimentateurs pour la vitesse de propagation nerveuse présentent des écarts considérables.

Quelques observations nous ayant conduit M. le Dr Noël et moi à admettre que la durée du temps qui s'écoule entre le moment où un sens est excité et celui où l'organisme manifeste une réaction doit varier avec l'état physiologique de

exécution très-délicate, c'est sans doute pour cette raison que les chiffres donnés par divers expérimentateurs pour la vitesse de propagation nerveuse présentent des écarts considérables.

Quelques observations nous ayant conduits, M. le D[r] Noël et moi, à admettre que la durée du temps qui s'écoule entre le moment où un sens est excité et celui où l'organisme manifeste une réaction doit varier avec l'état physiologique de l'observateur et qu'il y a par suite une corrélation étroite entre ces phénomènes, nous résolûmes de vérifier cette hypothèse par des mensurations nombreuses et précises. N'ayant pu obtenir avec les anciens appareils la précision et la facilité d'emploi qui nous étaient indispensables, nous fûmes conduits à en construire de nouveaux. Telle est l'origine des instruments enregistreurs que nous avons décrits dans ce travail. Ceux relatifs aux expériences sur le système nerveux ont été présentés à la *Société de médecine pratique* dans sa séance du 5 décembre 1878, et nous avons répété, sur plusieurs des médecins qui assistaient à la séance, la mensuration du temps qui sépare les excitations des réactions.

L'hypothèse énoncée plus haut, que la durée du temps qui sépare les excitations des réactions doit varier avec l'état physiologique, n'avait pas pour elle l'opinion des astronomes. Ils admettent généralement, en effet, comme on peut le voir dans le mémoire de M. Wolf, que la durée de l'équation personnelle, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre le moment où un astre passe devant les fils d'une lunette et l'instant où le passage est noté, ou en d'autres termes l'intervalle séparant le moment où l'œil reçoit une impression lumineuse de celui où l'organisme peut réagir, est une valeur constante restant invariable pour chaque observateur pendant plusieurs années.

L'intérêt qui s'attachait à la vérification de notre hypothèse est beaucoup plus grand qu'il ne pourrait le sembler d'abord, en raison des applications que nous espérions pouvoir en faire au diagnostic de certaines affections du système nerveux dont les moyens d'investigation que la science possède sont entièrement impuissants à signaler les débuts. On conçoit, en effet, que si le temps nécessaire pour produire une réaction varie avec l'état physiologique, il doit varier aussi avec l'état pathologique. Certaines affections des centres nerveux ne deviennent perceptibles à l'observateur que quand elles sont déjà avancées, et faute de moyens de diagnostic suffisants leurs débuts restent ignorés. Nous savons que dans certaines lésions du système nerveux le malade ne réagit contre une excitation qu'au bout d'un temps fort long. Nous apprécions bien ces différences quand elles sont assez longues pour affecter nos sens, mais quand le retard ne s'élève qu'à une minime fraction de seconde, il nous échappe entièrement. Entre les quelques centièmes de seconde qui séparent chez un individu normal une excitation d'une réaction et les quelques secondes de retard que nos sens nous permettent d'apprécier chez le sujet pathologique, il existe une longue échelle dont tous les degrés ont dû être lentement franchis. Trouver le moyen de déterminer à quel niveau de cette échelle se trouve le sujet observé serait fournir à la pathologie du système nerveux un élément de diagnostic qui lui a fait jusqu'ici défaut, et dont l'importance serait évidemment extrême. Avec un moyen de diagnostic aussi précis, rien ne serait plus facile que de suivre la marche progressive ou régressive de diverses affections des centres nerveux.

Sans insister ici sur nos expériences non encore terminées, nous pouvons dire dès à présent, toutefois, que le temps nécessaire aux réactions varie bien, comme nous l'avions pensé, avec l'état pathologique. Les moindres modifications de la circulation ont une influence considérable sur elles. Les substances qui accélèrent la circulation, comme le café, en raccourcissent sensiblement la durée. Pour traduire cet effet par un exemple facile à saisir, on peut dire qu'un indi-

vidu qui cherche à parer un coup d'épée le parera plus vite après l'ingestion d'une certaine quantité de café qu'il ne l'eût fait auparavant.

Les appareils que nous avons fait construire permettent de mesurer simultanément les variations de la durée du temps nécessaire pour les réactions et l'état physiologique qui leur correspond, état physiologique apprécié par les modifications de la circulation et de la respiration.

Le principe de la méthode que nous avons adoptée d'abord pour mesurer la vitesse de propagation nerveuse, est basé sur le fonctionnement automatique d'un chronographe pendant le temps qui sépare l'excitation de la réaction.

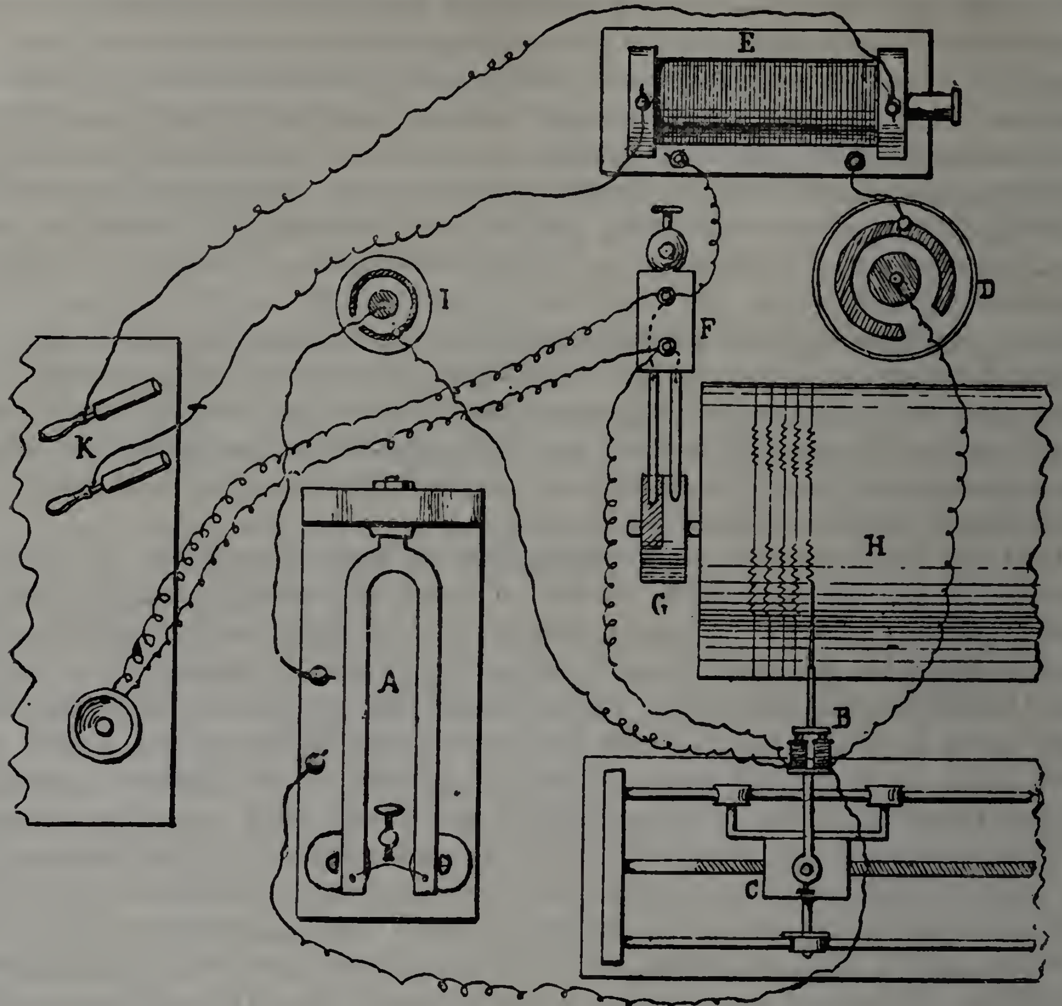


Fig. 61. — *Dispositions générales de l'appareil des Drs G. Noël et Gustave Le Bon pour mesurer la durée du temps qui sépare les excitations des réactions.*

La pile D lance un courant qui va au chronographe B puis à l'interrupteur rotatif FG pour retourner à la pile en passant par le circuit inducteur de la bobine E. — Le courant induit se rend aux poignées K. — La pile I, plus faible que la première envoie son courant dans les bobines de l'électro-diapason A, puis dans le chronographe B d'où il revient à son point de départ. — Ce chronographe est porté sur un chariot C qui le promène à la surface du cylindre enregistreur H. Un bouton électrique, visible sur la figure à côté des poignées, permet de supprimer lorsqu'on le presse, l'action de l'interrupteur rotatif. — Le courant de la pile D agissant directement sur le chronographe, l'empêche d'obéir à l'électro-diapason excepté au moment où se produit la rupture; à ce moment, se manifeste une secousse induite et le commencement du tracé chronographique, que le sujet de l'expérience interrompt en exerçant une pression sur le bouton.

Des dispositions particulières, que nous n'avons pu représenter ici que dans leur ensemble, permettent de produire mécaniquement les excitations visuelles, tactiles ou auditives contre lesquelles doit réagir le sujet en expérience. L'excitation est déterminée par un courant de rupture, et par le fait même qu'elle se produit, le chronographe fonctionne. Les vibrations ne peuvent être interrompues que par la volonté du sujet sur lequel on expérimente. Aussitôt qu'il réagit, le chronographe cesse de vibrer. Du nombre des

vibrations enregistrées sur le cylindre, on déduit en centièmes de seconde le temps qui s'est écoulé entre une excitation et une réaction. Les excitations tactiles sont produites par un courant induit de rupture, les excitations lumineuses par l'apparition d'une étincelle électrique, les excitations acoustiques par le bruit d'une came en relation avec le cylindre. Ces excitations, je le répète, se produisent mécaniquement, et par le fait seul qu'elles se produisent, les vibrations du chronographe se manifestent et ne peuvent être suspendues que par la réaction du sujet qui a reçu l'excitation. L'appareil est organisé de manière à marcher d'une façon absolument automatique et à permettre de répéter chaque expérience un grand nombre de fois sans avoir à toucher aux instruments.

Les résultats que nous ont fournis les appareils qui précèdent nous ont paru si intéressants au point de vue de leurs applications médicales, qu'il nous à semblé qu'il y aurait intérêt à remplacer ces instruments de laboratoires par un appareil portatif, facile à manier, non susceptible de dérangement et permettant aux médecins d'apprécier facilement les moindres variations de l'état nerveux (fig. 62).

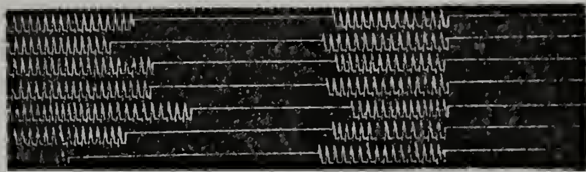


Fig. 62 — *Mesure de la durée du temps qui sépare les excitations des réactions (Méthode des Drs G. Le Bon et Noel).*

Cette figure a été obtenue d'après des photographies de tracés produits par le sujet en expérience avec l'appareil disposé comme il l'est dans la figure 61. Dans l'expérience figure sur la première ligne le temps qui a séparé l'excitation de la réaction a duré un peu plus de treize centième de seconde comme on le voit facilement en comptant le nombre de vibrations inscrites du côté droit et qui représentent le temps pendant lequel le chronographe à fonctionné. Il a varié de 1 à 3 centièmes de seconde sur les lignes suivantes.

Nous avons construit successivement plusieurs appareils dans ce but. Je mentionnerai notamment parmi eux le chronographe de chute dont j'ai indiqué déjà le principe. Il est tellement simple qu'il peut être construit par le premier ouvrier venu. Un cube métallique monté sur des galets roule sur les rails d'un plan incliné en entraînant un fil qui lui est fixé par une de ses extrémités, alors que l'autre est attaché à une poulie sur laquelle il est enroulé. L'axe de cette poulie porte une aiguille qui parcourt la circonférence d'un cadran. Le cube est retenu au haut du plan incliné par un mécanisme qui peut être déclanché par le courant qui produit l'excitation. Si on ne veut pas employer d'électricité, la pièce qui produit le déclanchement donne en même temps au doigt placé auprès d'elle le choc contre lequel le sujet doit réagir. Il réagit en appuyant sur un bouton qui détermine immédiatement l'arrêt de la poulie et partant du fil auquel est fixé le cube. Le temps qui s'est écoulé entre le moment où le cube a commencé à rouler et celui ou il s'est arrêté représente exactement le temps qui sépare l'excitation de la réaction. Sa durée est indiquée par la position qu'occupe sur le cadran l'aiguille fixée à l'axe de la poulie. Le temps que le cube doit mettre pour parcourir les diverses portions du plan incliné étant facile à calculer, rien n'est plus simple que la graduation du cadran.

Cet appareil est assurément le plus simple et le moins coûteux de tous ceux qu'on puisse construire pour la mesure du temps qui sépare les excitations des réactions, et je m'y serais arrêté définitivement, s'il n'avait l'inconvénient de n'être pas du tout portatif Nous avons donc cherché à construire un nouvel appareil réalisant les mêmes conditions de simplicité, mais facilement transportable.

Celui que nous faisons actuellement construire permettra de lire immédiatement en centièmes de secondes sur un cadran le temps qui sépare une excitation acoustique visuelle ou tactile d'une réaction. Il se compose d'un mécanisme d'horlogerie muni d'un échappement à lame vibrante faisant faire à une aiguille le tour d'un cadran en une seconde. Ce cadran est divisé en 100 parties. L'aiguille étant amené au 0, le mouvement d'horlogerie ne commence à

fonctionner que lorsque l'individu en expérience reçoit une excitation, et ne peut cesser de fonctionner que lorsque en appuyant sur un bouton en relation avec le mouvement d'horlogerie le sujet réagit contre cette excitation. Le temps pendant lequel l'instrument a marché, c'est-à-dire le temps qui a séparé l'excitation de la réaction est indiqué en centièmes de secondes par la position de l'aiguille sur le cadran. Les dispositions particulières de l'instrument permettent de faire porter l'excitation sur la vue, l'ouïe ou le toucher.

Je crois, en ce qui concerne la vision, qu'un appareil semblable constituerait pour certaines affections oculaires, un moyen diagnostic fort précieux. J'ai plusieurs fois constaté que dans certaines affections visuelles, la perception de la forme ou de la couleur se fait beaucoup plus lentement qu'à l'état normal, en d'autres termes que le sujet est obligé de regarder un objet fort longtemps, avant de le distinguer. A l'état physiologique, il y a du reste des différences notables d'un sujet à l'autre. Chez la femme, par exemple, la perception des objets est beaucoup plus rapide que chez l'homme (1).

Je terminerai ici ce qui concerne la méthode graphique et ses applications. Malgré le peu d'espace dont je disposais, j'ai cherché à établir les divisions fondamentales de cette science bien nouvelle encore. J'ai dit en commençant ce travail, qu'envisagée comme mode de représentation des phases variables des phénomènes ou comme méthode de recherche, elle constituait un des plus puissants agents d'investigation dont le savant dispose. Mon but sera rempli, si j'ai réussi à justifier suffisamment la grandeur du rôle que je lui attribue et prouvé l'importance de ses applications nombreuses.

Dr Gustave Le Bon.

(1) Malgré la précision des ressources que les sciences physiques ont mises à la disposition de l'ophthalmologie, et bien que cette science soit assurément la plus avancée des branches médicales, bien des points y sont à explorer encore. J'ai vu récemment à la clinique d'un savant oculiste, le Dr Meyer, un exemple qui prouve ce que je viens de dire, et que je mentionnerai, parce qu'il constitue une fort curieuse application de la Méthode graphique. Il s'agit d'un sujet que notre éminent confrère n'avait pas examiné, et à l'égard duquel il n'avait d'autres renseignements que la courbe dressée par son chef de clinique, de la limite du champ visuel pour les différentes couleurs, dans les principaux méridiens, au moyen du périmètre, courbe dont l'aspect habituel est celui de la figure 63. De la déformation qu'elle avait subie, il put diagnostiquer avec précision l'existence d'une paralysie partielle de la rétine, consécutive à une lésion cérébrale non-soupçonnée encore, mais dont les manifestations habituelles ne tardèrent pas à confirmer l'existence.

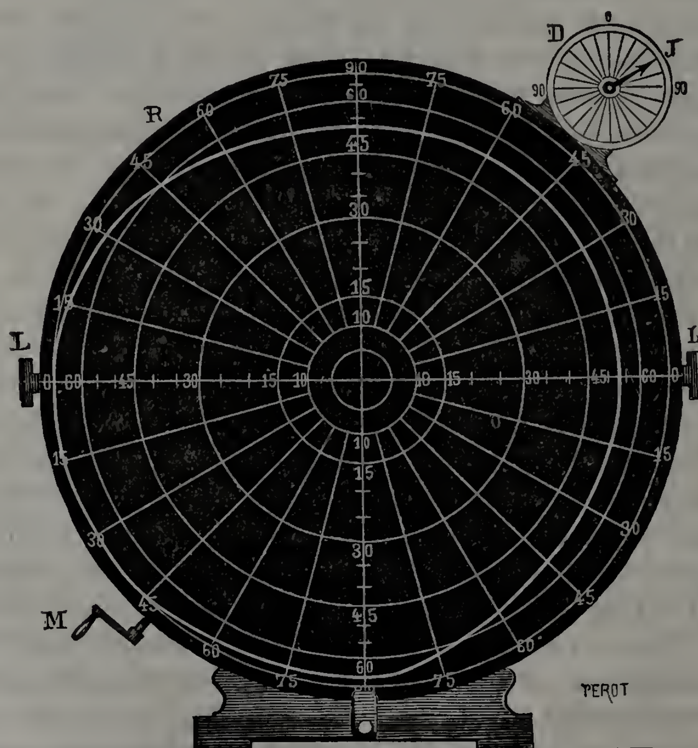


Fig. 63. — Courbe du champ visuel obtenue avec le périmètre du Dr E. Meyer.

LES INSTRUMENTS DE PRÉCISION

DE PHYSIQUE ET DE NAVIGATION

PAR M. E. GARNAULT
Ancien élève de l'École normale supérieure, Professeur d'hydrographie, Chargé des cours de physique à l'École navale.

SOMMAIRE

I. — PRÉLIMINAIRES.

On comprend sous le nom d'instruments de précision et l'on a rangé dans la classe 15 un grand nombre d'objets qui offrent entre eux bien peu d'analogie et qui pour beaucoup n'ont aucune prétention à la précision de l'exécution ou des mesures. Sans doute on étonnerait bien tel ou tel fabricant de mesures linéaires du Jura si on lui parlait de précision et d'un autre côté cette expression n'est certes pas déplacée quand on considère la machine qui trace plus de mille traits équidistants dans l'épaisseur d'un millimètre.

Évidemment, il serait difficile de trouver un nom commun pour des instruments si divers employés dans des sciences qui ont ou qui paraissent avoir si peu de points de contact et le catalogue général, malgré la tentative de concentration d'abord et ensuite de division, n'avait certes pas réussi à éviter cette difficulté. Des instruments similaires se trouvaient dans des endroits parfois très-éloignés, à la classe 15, à la classe 8 et à la classe 65. Il y avait certainement de grandes difficultés et nous ne sommes pas surpris qu'elles n'aient pu être surmontées d'une manière complète, aussi n'est-ce pas une critique que nous voulons faire. Nous voulons expliquer la situation, exposer comment des instruments du même genre étant placés dans des endroits si divers (encore ne parlons nous ici que de la France) il était difficile de ne rien oublier, de tout voir. C'est donc une sorte d'excuse que nous présentons pour nos oublis, tout en protestant du soin que nous avons mis à voir le plus et le mieux possible.

Qu'il nous soit permis d'exprimer tout d'abord le regret que chaque exposant n'ait pas cru devoir présenter une notice explicative énumérant les divers objets de son exposition et ce qu'il y avait de nouveau et de caratéristique.

Le plus souvent il était impossible d'obtenir des renseignements et dans le

cours de cette Étude nous serons obligés plusieurs fois de constater que nous avons vu des instruments intéressants ou nouveaux au sujet desquels nous n'avons pu rien apprendre de précis parce qu'ils appartenaient aux sections étrangères dont les commissaires étaient souvent incompétents.

La disposition des objets de la classe 15 pour la section française ne laissait rien à désirer et il était très-facile de trouver ce qu'on voulait voir. Il n'en était pas de même pour les sections étrangères. Le petit nombre des objets de cette classe avait obligé, pour certaines nations, à les mélanger avec des produits bien différents et malgré tous les efforts imaginables on n'arrivait pas toujours à découvrir un microscope au milieu de la coutellerie ou des savons. Malgré ces petits inconvénients, constatons néanmoins la bonne disposition d'ensemble de la classe 15 et abordons son étude.

Les sciences d'observation emploient des instruments qu'on peut ranger dans trois catégories et qui n'ont pas tous les mêmes droits à être appelés instruments de précision.

Les uns sont des appareils de démonstration disposés pour reproduire dans un cours tel ou tel phénomène ou pour vérifier une loi physique devant un nombreux auditoire. Ces appareils ne sont nullement précis, leur but est tout autre. Ils doivent en général présenter des qualités qui sont exclusives de la précision : il faut qu'ils soit simples, assez volumineux pour être bien visibles, et d'un prix peu élevé, car leur nombre s'accroît tellement qu'on ne pourrait les acquérir tous. Parfois même leur construction est trop élémentaire et c'est la réflexion qu'on pouvait faire dans quelques sections étrangères qui comprennent un ensemble d'instruments destinés à l'enseignement. C'est ainsi que dans les sections d'Italie, du Canada, de la Russie, on trouve des cabinets de physique plus ou moins complets destinés à montrer à l'aide des appareils les programmes des cours de science des écoles secondaires de ces divers pays.

Au siècle dernier, les instruments de ce genre étaient fort nombreux, très-ornés, et avaient chacun une destination spéciale. Si l'on consulte l'ouvrage publié par Sigaud de la Fond et intitulé *Description et usage d'un cabinet de physique*, on est frappé de la multiplicité et du volume des machines employées. Depuis cette époque les principes de la construction ont bien varié ; le bois peint, verni et doré a fait place à la fonte de fer pour les supports et les pièces fixes, au grand avantage de la solidité et du prix. Le laiton, le bronze, l'aluminium et plus récemment encore l'ébonite se sont répandus dans la construction, répondant à telle ou telle condition soit de résistance, soit de légèreté, soit d'isolement. Quelques constructeurs et l'on ne pourrait que les en féliciter tendent à simplifier le matériel si considérable des démonstrations, en disposant les diverses pièces des appareils de manière à ce qu'elles puissent se monter indifféremment sur un même support. Un choix ingénieux de dispositions, l'adoption de modèles combinés, de pas de vis réguliers et de raccords simples permet à diverses pièces d'un appareil de servir tantôt à une démonstration tantôt à une autre. Que de facilités on aurait si le ballon dans lequel ou veut faire le vide pouvait se visser indistinctement sur toutes les machines pneumatiques.

La seconde catégorie d'appareils comprend les machines destinées à mettre en jeu les forces physiques, à produire la chaleur, la lumière et l'électricité. C'est là qu'il faut placer un grand nomble d'appareils fort intéressants. C'est dans cette branche que s'exerce particulièrement l'activité des inventeurs. Trouver le moyen de manifester simplement ou à bon marché une des forces de la nature amène des conséquences autrement importantes que le perfectionnement de quelque appareil destiné à faire une expérience de cours et à vérifier devant un auditoire une des lois physiques.

Enfin la troisième catégorie d'instruments renferme les instruments de précision proprement dits. Ce sont les instruments de mesure qui fournissent un résultat plus ou moins approché de la vérité selon le soin avec lequel ils ont été construits. C'est peut-être cette branche d'appareils qui a fait le plus de progrès. Le développement de l'industrie moderne a permis de construire des instruments d'une délicatesse inouïe et d'arriver à effectuer la mesure de quantités que les physiciens du siècle dernier auraient certainement jugées négligeables.

Les instruments de ces trois catégories doivent se trouver réunis dans le même cabinet de physique en des proportions variables suivant les travaux qui y doivent être accomplis. Ils se trouvaient disséminés dans les différentes vitrines de la classe 15. Déjà dans une étude relative aux instruments de précision exposés en 1867 (1), nous avons jeté un coup d'œil sur la transformation graduelle des instruments de physique et sur l'introduction de la méthode expérimentale. Il serait superflu d'exposer de nouveau ces considérations auxquelles nous renvoyons le lecteur, mais il paraîtra intéressant de comparer d'une manière générale, au point de vue des instruments de précision, l'Exposition de 1867 et celle de 1878.

Les causes qui déjà avant 1867 conduisaient à la division du travail et à la spécialisation n'ont pas cessé d'exister, bien au contraire ; aussi est-il bon quand on veut un instrument irréprochable de s'adresser au fabricant qui s'en occupe d'une manière toute spéciale. C'est ainsi que la plupart des fabricants se sont cantonnés dans une fabrication toujours la même et ont pu de la sorte acquérir une renommée qui place les instruments de physique français à un rang fort élévé.

La plupart des fabricants français exposaient des instruments très-beaux et très-soignés dont quelques-uns sont seulement des reproductions ou des perfectionnements de ceux qu'on voyait en 1867. Plusieurs d'entre eux présentent une disposition qui tend à modifier un peu le genre des démonstrations expérimentales, nous voulons parler de la méthode des projections. Beaucoup d'expériences dans les cours ne sont absolument visibles que pour les auditeurs les plus rapprochés; les autres sont obligés de croire le professeur sur parole et sont ainsi privés de la possibilité de constater certains détails qui gravent le phénomène d'une manière précise dans la mémoire. La méthode des projections vient en aide au professeur qui peut ainsi montrer à tous ce que bien peu jadis pouvaient voir. Kircher en inventant la lanterne magique projetait des dessins colorés, Newton projetait le spectre solaire.

Pendant longtemps on s'est borné à ces projections et ce n'est que beaucoup plus tard que l'idée de projeter les expériences s'est fait jour. Donné et Foucault dans leur microscope photoélectrique projetaient l'arc voltaïque et montraient l'inégale usure des charbons. Quand on eut perfectionné les moyens d'éclairage, propagé l'emploi de la lumière oxhydrique, les projections devinrent plus faciles. Depuis la dernière exposition, ce procédé à pris un grand développement et quelques fabricants parmi lesquels nous citerons MM. Duboscq, Laurent, Molteni, etc., s'en occupent d'une manière spéciale, les uns en modifiant et perfectionnant les appareils de projection, les autres en variant les expériences que l'on peut projeter et en imaginant des dispositions qui permettent la projection des expériences les plus délicates.

Cette méthode des projections qui modifie d'une manière assez profonde

(1) *Etudes sur les instruments de précision, de physique et de navigation*, — fascicule faisant partie des *Études sur l'Exposition de* 1867 (librairie E. Lacroix, rue des Saints-Pères, 54).

les dispositions expérimentales amène quelques objections qu'on peut écarter pourtant, lorsqu'on remarque qu'une demi obscurité est suffisante la plupart du temps et que dans les salles de cours bien installées le passage de la lumière à l'obscurité doit pouvoir se faire par degrés insensibles et néanmoins avec rapidité. En optique, en acoustique, dans les parties même de la physique où cela semble le plus difficile, la méthode des projections rend des services signalés.

Les années qui séparent l'Exposition de 1867 de celle qui nous occupe sont très-riches en découvertes scientifiques et la physique a vu surgir des appareils et des découvertes mémorables. La machine de Holtz était à peine connue en 1867 et de nouvelles machines électriques se sont produites depuis : la machine Gramme, etc. La liquéfaction des gaz jusque-là incoercibles, les découvertes de Bell, d'Édison, etc., constituent des progrès notables qu'il faut mentionner en bloc ici.

Si maintenant nous examinons chaque nation, nous arriverons à formuler les conclusions suivantes. En laissant de côté tout esprit étroit de clocher et sans méconnaître l'importance des autres expositions, nous dirons que la France l'emportait de beaucoup, et par le nombre et par la qualité des objets exposés. Ajoutons que cette prééminence lui était facilitée par l'abstention de fabricants étrangers d'une grande notoriété soit en Angleterre, soit en Autriche ou en Allemagne. A part quelques instruments anglais ou autrichiens, rien n'égalait le fini et la valeur des instruments français. Et pourtant quelques constructeurs célèbres établis en France depuis longtemps, sinon français, manquaient à l'appel. Sans vouloir entrer dans des questions un peu délicates qui ne peuvent être abordées ici, n'est-il pas permis de regretter l'absence de constructeurs tels que MM. Kœnig, Hofmann qui n'auraient pu qu'ajouter à l'éclat de l'exposition française. D'un autre côté, quelques constructeurs se trouvaient, par la nature de leurs travaux, détachés pour ainsi dire de la classe 15. Quoique fabricants d'instruments de précision, ils se trouveront, quelques-uns du moins, échapper à notre étude, comme par exemple M. Salleron dont les instruments de météorologie se rattachent à une étude spéciale, M. Brunner dont les théodolites magnétiques, etc., étaient exposés dans la classe 8, etc.

Les exposants français étaient fort nombreux et leur exposition leur faisait honneur. Bien que nous devions les revoir presque tous dans le courant de cette étude signalons, en suivant l'ordre que nous nous sommes proposé d'adopter, la plupart de ceux qui ont plus spécialement attiré notre attention.

En navigation, on trouvait quelques sextants de Molteni, Balbreck, les compas de Froment, de Postel-Vinay, de Duchemin.

La métrologie était représentée pour les mesures de longueur par MM. Froment Perreaux, Richer, Mathieu; pour la mesure des distances par MM. Goulier, Gautier, Dallemagne et pour les instruments destinés à la mesure des angles par MM. Goulier, Lefebvre, Peigné, Sanguet, Richer, Balbreck, etc.

Quant aux balances on remarquait celles de MM. Collot, Deleuil, Hempel, Hardy et les modèles ingénieux de MM. Mégi, Coulon, Roussel.

M. Deschiens exposait le chronographe Liais. Les baromètres anéroïdes étaient fort nombreux ; nous ne pouvons citer ici tous les noms des exposants parmi lesquels on distingue MM. Redier, Naudet, etc. MM. Tonnelot, Alvergniat, Baudin, etc., exposaient des baromètres à mercure. On trouvait des machines pneumatiques chez MM. Deleuil, Luizard.

L'abstention de M. Kœnig avait privé l'acoustique de tout son éclat. M. Hardy exposait le phonographe d'Édison, qu'il est chargé de construire. On trouvait aussi quelques instruments d'acoustique chez M. Lancelot, sans parler des appareils à projeter les mouvements vibratoires que construit M. Duboscq.

La chaleur avait peu de réprésentants. Nous rangerons dans cette catégorie les thermomètres de MM. Baudin, Alvergniat, Tonnelot; les appareils de Regnault construits par M. Golaz, les appareils de chauffage de M. Wiesnegg, l'appareil de Melloni si bien construit par M. Ducretet, la machine Carré, enfin l'appareil Cailletet.

L'optique occupe plusieurs constructeurs d'un très-grand mérite; il suffit de nommer MM. Duboscq, Laurent, Lutz, Prazmowski, Hofmann. Les microscopes sont surtout fabriqués par MM. Nachet, Verick, Prazmowski. Les lunettes sont du domaine de MM. Secretan, Bardou, Prazmowski, Avizard, etc. MM. Radiguet, Werlein, Benoît, Getliffe, Tiercelin s'occupent principalement du travail des verres.

Les applications si nombreuses de l'électricité ont amené beaucoup de constructeurs à s'en occuper. MM. Bréguet, Ruhmkorff, Carpentier, Ducretet, Deschiens, Gaiffe, Carré, sont les principaux représentants de cette branche, bien que pour des applications spéciales nous puissions citer encore bien d'autres noms honorablement connus. C'est ainsi qu'un inventeur fécond M. Trouvé et un habile constructeur, M. Bourbouze n'avaient pas exposé à la classe 15.

Après avoir signalé rapidement les principaux exposants dont nous nous proposons d'apprécier les produits, nous croyons utile d'ajouter que nous ne nous considérons pas comme intimement liés par l'obligation de laisser dans l'ombre quelques instruments intéressants ou quelques constructeurs habiles qui n'ont pas paru à l'Exposition. Nous aurons donc l'occasion de prononcer quelques noms qui n'ont pas figuré sur le catalogue et de rappeler quelques instruments connus, il est vrai, mais qui eussent figuré avec honneur à la classe 15.

Après avoir donné notre appréciation générale sur l'exposition française pénétrons dans les sections étrangères. En Angleterre, nous trouvons à signaler les microscopes de Ross, de Crouch, de Dallmeyer. M. Beck n'avait pas exposé. On voyait aussi quelques belles lunettes dans l'exposition Dallmeyer. Mentionnons encore les instruments nouveaux de Sir W. Thomson et l'exposition assez considérable et originale de Negretti et Zambra.

Le Canada n'offrait que des modèles assez imparfaits d'instruments de cours.

Dans l'exposition des États-Unis, nous n'avons vu que quelques microscopes; le téléphone et le phonographe étaient en France. De la Suède et Norwége il y a peu de choses à dire. L'instrument le plus important était le météorographe de Sörensen qui ne rentre pas dans le cadre de notre étude. Il appartient à la météorologie et mérite une mention spéciale. Il avait été présenté à l'Exposition de 1867 par son inventeur M. Theorell, mais il était alors brisé et ne fonctionnait pas. L'Italie avait une exposition assez considérable sans parler du matériel de cours des écoles. L'Officina Galileo avait envoyé plusieurs instruments de sa fabrication, un cathétomètre gigantesque, etc.

Un compas azimutal et un sextant assez grossier constituaient tout ce que nous avons trouvé en Espagne. L'Autriche et la Hongrie présentaient quelques instruments de valeur ou des idées plus ou moins ingénieuses, comme la balance de Karolyi, le galvanomètre de Süss Nändor, l'appareil de Puluj pour la recherche de l'équivalent mécanique de la chaleur, etc. Nous avons surtout remarqué de très-beaux goniomètres de Brucke et de Plössl, un théodolite azimutal de Kraft et les belles balances de Rüprecht.

En Russie, la construction des instruments de physique n'a pas acquis le fini, la précision des instruments français, anglais ou allemands. Le musée pédagogique exposait pourtant une collection d'instruments de physique à l'usage des cours. Une machine électrique ingénieuse avait été envoyée par M. Téploff; M. Schwedoff exposait des télémètres et M. Krajévitsch un baromètre de son invention.

L'exposition de la Suisse était fort intéressante. La Société génevoise pour la construction d'instruments de physique doit son origine à MM. de la Rive, Thury, etc. Elle était dirigée en 1867 par Schwerd et avait exposé de beaux instruments. Elle est actuellement placée sous la direction de M. Turrettini. Son exposition assez considérable et comprenait des échantillons divers de sa fabrication, cathétomètre, spectroscopes, régulateur Burgin et surtout un très-bel altazimut présentant des dispositions particulières ingénieuses. A côté de cette Société on remarquait l'exposition de M. Kern, nivaux et théodolites, celle de M. Hipp, pendules et chronographes électriques ainsi que les appareils d'électricité de MM. Hasler et Escher.

La Belgique n'avait qu'un petit nombre d'exposants. Au premier plan apparaissaient les belles balances de M. Sacré. En Grèce, M. Grabinger exposait un nouveau modèle de pile de son invention.

Deux exposants se faisaient remarquer en Danemark. M. Jürgensen par un fort beau goniomètre de Mitscherlich perfectionné et une belle balance, et M. Lacour par sa roue phonique.

Le Portugal n'avait, paraît-il, envoyé que tardivement les instruments de précision qui composaient son exposition, encore étaient-ils peu nombreux. Un seul a attiré notre attention et excité notre curiosité. C'est un galvanomètre universel de Bramao, construit par Hermann. Il nous a été impossible d'obtenir des renseignements sur cet instrument qui paraît conçu sur un plan original, mais qui présente pourtant quelque analogie avec le galvanomètre Thomson, car il exige comme lui l'emploi d'une règle divisée, d'une lampe et d'un miroir.

Dans la section des Pays-Bas, les instruments de précision se bornaient, en réalité, au météorographe d'Olland dont nous devons nous borner à signaler la présence puisqu'il échappe au cadre de cette étude.

Ces préliminaires posés nous pouvons aborder maintenant chacune des divisions que nous avons tracées, sans oublier que notre étude sur l'Exposition de 1867 établissait pour ainsi dire l'état de la construction des instruments de physique à cette époque et que nous avons surtout à signaler les perfectionnements qui y ont été apportés depuis. Nous tâcherons aussi de ne pas oublier que nous écrivons non-seulement pour ceux qui manient ces instruments mais encore pour ceux qui veulent se rendre compte du progrès des sciences et qui ont une certaine culture intellectuelle, mais non pas une instruction spéciale et approfondie.

II. — NAVIGATION.

Sous le nom d'instruments de navigation nous rassemblerons les divers instruments qui peuvent aider le navigateur à résoudre les problèmes qui se présentent à chaque instant; soit qu'il s'agisse de déterminer la position occupée par le navire sur la carte, soit qu'il y ait lieu d'observer un des nombreux phénomènes qui intéressent la navigation.

1. *Sextants* — En première ligne se placent les instruments d'observation proprement dits cercles et sextants. Nous ne referons pas ici l'exposé historique que nous avons donné dans nos *Études sur l'Exposition de 1867*, et nous n'examinerons pas la question si controversée de la préférence à donner au cercle ou au sextant. Le modèle le plus avantageux pour le cercle paraît être celui de Pistor et Martins que nous avons déjà décrit, nous n'en avons pas vu cette

année. Diverses raisons tendent d'ailleurs à écarter le cercle de l'usage courant, aussi les sextants seuls avaient-ils été exposés et encore en petit nombre.

Depuis que les navires se déplacent avec une grande vitesse il est devenu indispensable de déterminer la position du navire avec exactitude à un moment quelconque, même la nuit. L'observation des étoiles qui était jadis une affaire de curiosité est devenue nécessaire, et le sextant ordinaire présente dans ce cas quelques conditions d'infériorité qu'on s'est attaché à faire disparaître. La tentative de M. Laurent qui avait déjà exposé un sextant en 1867 a servi de point de départ à quelques autres modifications plus ou moins heureuses qu'il nous paraît utile de rappeler ici, bien qu'elles n'aient pas figuré à l'Exposition. M. Fleuriais, capitaine de frégate qui s'est fait une place honorable parmi les astronomes observateurs, a proposé de modifier le sextant pour obtenir de bonnes observations de nuit. La suppression de la partie non étamée du petit miroir déjà si souvent réclamée empêchera les pertes de lumières. Au lieu d'une lentille cylindrique qui dans le sextant Laurent donne une image rectiligne et très-brillante de l'étoile et qu'il est quelquefois difficile de faire coïncider avec l'horizon, M. Fleuriais préfère un prisme biréfringent d'un angle connu qui donne deux images de l'étoile. On améne l'horizon entre ces deux étoiles et à égale distance de chacune d'elles. Cette disposition paraît assez heureuse car il est facile de placer la ligne sombre de l'horizon entre les deux points brillants. Une autre modification avantageuse consiste à remplacer les lunettes si défectueuses qu'on trouve dans les boîtes de sextants par une petite lunette astronomique ou plutôt un chercheur d'un champ assez vaste et d'une grande clarté. Nous ne suivrons pas M. Fleuriais dans ses calculs qui ne nous paraîssent pas admissibles, et dans ses conclusions relativement aux lunettes de Galilée comparées aux lunettes astronomiques, mais nous constaterons que la lunette dont il donne les éléments est excellente. C'est un véritable chercheur de lunette astronomique et comme tel il convient très-bien au sextant malgré son volume un peu considérable qui exige une monture spéciale. Grâce à ces trois perfectionnements, les conditions de visibilité sont aussi satisfaisantes que possible. On a bien voulu les augmenter encore en utilisant la vision binoculaire, mais l'idée de monter une jumelle sur un sextant est assez singulière eu égard au poids déjà considérable de l'instrument.

Une autre difficulté qui n'est pas encore vaincue est celle de la lecture pendant la nuit. M. Laurent l'avait diminuée en employant une division sur ivoire, mais la précision s'en ressent et si l'on veut lire avec une division sur argent et un vernier il faut des conditions d'éclairage qu'on ne réalise pas toujours et auxquelles il paraît difficile de se soustraire,

Quant à la précision dans la construction, les procédés mécaniques à l'aide desquels se font les graduations et les centrages sont tellement perfectionnés qu'il n'y a presque rien à craindre sous ce point de vue.

L'un des constructeurs français les plus renommés, M. Lorieux n'avait pas exposé ; ses instruments si répandus dans la marine sont construits avec le plus grand soin mais nous n'en avons pas vu encore qui aient reçu les perfectionnements signalés par M. Fleuriais.

Dans la section française MM. Balbreck, Molteni exposaient des sextants. Quelques-uns étaient passés au vert antique, peut-être ce vernis tient-il mieux à la mer. C'est à l'expérience à prononcer.

Dans les sections étrangères nous n'avons vu de sextants qu'en Espagne, encore était-ce un instrument assez petit et de construction grossière, et en Autriche où M. Kraft exposait un sextant bien construit et qui nous a paru identique aux instruments français. Ni l'Angleterre ni les États-Unis n'avaient envoyé de sextants.

Une difficulté qui se présente quelquefois à la mer et qui empêche toute observation, c'est l'absence d'horizon, soit que la brume le voile, soit que l'astre qu'on voudrait observer se projette sur la terre. Beaucoup de chercheurs ont tenté d'imaginer des horizons artificiels ou horizons de brume mais la question n'est pas encore résolue. M. Goulier a présenté à l'Académie des sciences un niveau à collimateur pouvant servir comme horizon de brume mais les erreurs à craindre seraient certainement trop fortes, car à terre elles atteignent 3′ d'après l'auteur. Ce niveau emploie un pendule et ressemble en cela à un horizon dont la description est contenue dans nos *Études sur l'Exposition de 1867* et que nous avons essayé en 1857.

2. *Compas.* — Si le sextant sert au marin pour déterminer la position qu'il occupe sur le globe, le compas ne lui est pas moins nécessaire et un auteur anglais a pu dire avec raison que le compas était aussi utile au marin que le chronomètre, bien qu'on ne lui accorde pas la même attention et les mêmes soins. Les modèles les plus employés pour les compas peuvent se ramener à trois types : les compas à une ou plusieurs aiguilles parallèles, les compas à liquides et les compas à aiguilles circulaires. Jusqu'en ces derniers temps les compas les plus employés n'avaient qu'une aiguille. Le Standard compass de l'amirauté anglaise était muni de 2 ou de 4 aiguilles et cette disposition a été souvent adoptée en France. L'instabilité mécanique de ces compas a conduit à l'emploi des compas liquides préconisés par Ritchie, etc. On trouvait dans les vitrines de MM. Dumoulin Froment, et de M. Postel-Vinay des compas présentant soit un ou plusieurs barreaux, soit la rose plongée dans un liquide. Il est inutile d'insister sur la bonne exécution des instruments qui sortent de la maison Dumoulin Froment. Ces compas sont disposés conformément aux modèles adoptés par la marine de l'État. Ceux de M. Postel-Vinay paraissent également très-soignés. On voyait aussi des compas dans la vitrine de Molteni. De plus, M. Postel-Vinay exposait une rose portant deux barreaux semi-circulaires occupant chacun un peu plus du tiers de la circonférence.

Pourtant les compas circulaires appartiennent à M. Duchemin, car malgré quelques tentatives faites dans le siècle dernier et qui ne paraissent pas avoir abouti à des résultats sérieux, les compas circulaires sont de date récente. M. Duchemin semble avoir eu en vue plusieurs motifs pour adopter la disposition circulaire du barreau. La nécessité d'avoir de la stabilité mécanique nous paraît la seule qui puisse autoriser d'une manière incontestable cette forme circulaire. En laissant de côté les difficultés de construction qui peuvent être plus ou moins facilement vaincues on a le droit de se demander si la permanence de la ligne des pôles relativement à la ligne 0-180 est assurée. L'expérience seule peut prononcer, mais il est difficile d'admettre cette permanence quand on songe aux mille causes qui influent sur la distribution du magnétisme dans les barreaux. Les compas circulaires ont été l'objet de rapports très-élogieux, ils donnent donc pratiquement de bons résultats, mais la question théorique reste entière et les considérations théoriques qui ont été proposées, soit dans les différents rapports, soit dans la notice de M. Duchemin nous paraissent établies sur des bases très contestables. Si le système des deux anneaux répond à toutes les exigences on peut se demander pourquoi M. Duchemin y ajoute un barreau aimanté placé dans la direction N S et dont la présence vient en partie détruire la stabilité mécanique si bien assurée. Cette addition ne nous paraît ni heureuse ni justifiée et nous aimerions mieux le compas réduit à un ou deux cercles aimantés.

On sait qu'une boussole doit satisfaire à plusieurs conditions : sensibilité assurée par le frottement minimum et la force directrice maximum, stabilité

mécanique obtenue par l'égale répartition des masses autour du centre, stabilité magnétique impossible à obtenir aussitôt qu'il y a des fers à bord du navire et exactitude qui dépend de la précision des divisions, du centrage et de la coïncidence des axes. Pour obtenir la stabilité mécanique complète on ne peut mieux faire que d'employer un barreau aimanté circulaire et c'est ce qu'a proposé M. Duchemin. La rose représentée ci-contre est munie de deux cercles d'acier aimanté A, B réunis à la chape centrale par une traverse d'aluminium ou de laiton *n n*. Une traverse en acier aimanté est fixée dans la direction NS.



Fig. 1. — A, cercle d'acier aimanté. — B, cercle concentrique aimanté. — C, traverse en aluminium ou autre métal, réunissant les deux cercles. — Le maximum de l'aimantation par des pôles Nord et Sud et va en décroissant jusqu'aux lignes neutres *n*, *n*, ainsi que cela est indiquée par l'ombre projetée sur les cercles.

Nous ne savons si la rose à deux barreaux circulaires exposée par M. Postel-Vinay a été essayée et quel avantage elle peut avoir sur la rose Duchemin.

Les sections étrangères nous ont offert quelques compas mais sans caractère spécial. On voyait en Autriche à l'exposition de M. Kraft un compas de relèvement dont les pinnules étaient portées sur un cercle à deux verniers qui tourne sur le cercle gradué. A la grande pinnule est adapté un miroir articulé et la petite porte des verres de couleur.

L'exposition espagnole contenait aussi un compas azimutal plus compliqué, il est muni de deux alidades à pinnules. La première porte un miroir articulé à l'une de ses extrémités et à l'autre un prisme à réflexion totale et des verres de couleur. La seconde alidade porte deux verniers et au centre un miroir vertical dont une des deux moitiés verticales est étamée. Des vis de réglage permettent de le mettre vertical. Sur le côté du compas est un second miroir dont l'étamage est tourné du côté de la cuvette et une petite pinnule placée extérieurement.

En Danemark on voyait des habitacles de Fritz Meyer qui ne nous ont paru avoir rien de saillant.

Dans l'exposition anglaise se trouvait le nouveau compas de sir William Thomson. Ce savant physicien si connu par ses travaux en électricité est l'au-

teur d'une disposition nouvelle donnée au compas et qu'il a installée sur son yacht de plaisance. La rose est formée d'une couronne en aluminium réunie par des fils de soie à la garniture d'aluminium dans laquelle est sertie la pierre dure qui repose sur le pivot. A ces fils de soie sont attachées des aiguilles aimantées assez courtes et parallèles entre elles. Une rose est placée sur le système des aiguilles et des fils de soie. De tout cela il résulte que la rose est extrêmement légère, d'où peu de frottement et par suite beaucoup de sensibilité. De plus la stabilité mécanique doit être assez grande grâce à l'emploi de la couronne d'aluminium et à la disposition des aiguilles aimantées. La cuvette est soutenue par une suspension Cardan comme dans tous les compas; mais ici on emploie des couteaux au lieu de tourillons cylindriques, par suite le compas est bien moins affecté par les mouvements du navire qui sont d'ailleurs amortis par l'emploi d'une couche d'huile.

Non-seulement le navigateur doit s'occuper de la bonne construction du compas, mais il doit aussi veiller à ce que ses indications ne soient pas troublées par les fers du navire, ou tout au moins il doit lui adapter des pièces destinées à corriger ses actions perturbatrices.

La classe 15 présentait deux tentatives faites à ce point de vue. La première est due à M. Bisson qui a cherché à construire un compas qui fût à l'abri des actions déviatrices exercées par les fers du navire. La boussole électrique exposée à la classe 15 ne paraissait pas complétement finie, aussi est-ce dans la brochure publiée par l'auteur que nous cherchons des éléments d'information. L'appareil nous paraît très-compliqué quoique ingénieux et tout à fait inadmissible dans la pratique.

Le compas électrique doit être placé à bord à une hauteur telle que les fers soient sans action sur lui, mais il serait alors impossible de l'observer aisément, aussi doit-il au moyen de l'électricité transmettre ses indications à une rose fixe. Une pile devient donc nécessaire, ce qui ne serait pas une difficulté insurmontable, mais la rose qui transmet les angles de route doit être très-mobile et pourtant elle doit par une série de contacts convenablement disposés, transmettre et couper un courant. Ce sont là à coup sûr deux conditions contradictoires. On conçoit qu'il serait avantageux d'avoir un compas placé hors de la sphère d'action des matières ferrugineuses du navire et qui ferait marcher d'une manière tout à fait identique une seconde rose dépourvue de barreau aimanté et placée commodément pour l'observation. Ce problème est fort difficile à résoudre et il ne nous semble pas que M. Bisson en ait proposé une solution possible et pratique.

Ce n'est pas tout à fait ce que désire sir William Thomson, convaincu de l'impossibilité d'éviter les actions déviatrices, il cherche un moyen de les annuler. Déjà avant lui MM. Barlow, Airy, Walker et bien d'autres avaient proposé des solutions à cette question. La méthode de sir William Thomson n'est qu'une modification de la méthode Airy et elle s'applique plus spécialement au modèle de compas qu'il a fait connaître.

Pour détruire la déviation quadrantale il emploie deux sphères de fer doux pleines ou creuses, placées de chaque côté de l'habitacle, et pour annuler la déviation semi circulaire il place dans l'habitacle et au-dessous du compas un faisceau de barreaux aimantés parallèles que l'on peut faire glisser de bas en haut et que l'on assujettit perpendiculairement à un tube vertical de laiton placé au-dessous de la cuvette. Ces barreaux peuvent non-seulement être déplacés de bas en haut mais aussi être dirigés dans un azimut quelconque. Sir William Thomson a publié des indications sur les procédés à suivre pour placer convenablement les deux sphères et le faisceau magnétique. Il donne issau le moyen de corriger le compas des erreurs dues à la bande. Ce n'est

pas ici le lieu de nous étendre davantage sur ces procédés de correction, il suffit de signaler la méthode et les objets nécessaires à son application.

Dans la vitrine de M. Dumoulin Froment on voyait un instrument inventé par M. Dubois, Examinateur de la marine. C'est le gyroscope marin, modification de l'instrument imaginé par M. Foucault et appliqué aux usages de la navigation. Il a pour but de déterminer le nombre de degrés dont un navire a tourné. Le compas fournirait cette indication s'il n'était pas sujet à des déviations qui varient avec le cap et qui font que pendant qu'un navire tourne sur lui-même, l'aiguille aimantée ne conserve pas dans l'espace une direction constante. La fixité absolue du plan de rotation du tore du gyroscope permet de résoudre la question d'une manière plus satisfaisante et la comparaison de l'angle lu sur le cercle divisé du gyroscope avec celui que fournit le compas fera connaître la différence des déviations.

Le gyroscope se compose de deux parties principales. La première comprend le gyroscope proprement dit ou tore mobile tournant sur son système de suspension de Cardan et la seconde comprend le rouage destiné à donner au gyroscope un mouvement de rotation rapide autour de son axe (pl. I, fig. 6).

L'anneau vertical qui supporte le gyroscope peut se mouvoir avec la plus grande facilité autour d'un axe vertical lorsque le mobile est au repos. Cet anneau vertical est terminé à sa partie inférieure par un pivot aigu en acier trempé reposant sur le fond d'une chape en saphir et à sa partie supérieure par un prolongement qui dépasse l'anneau de suspension de Cardan et porte à son extrémité une alidade à pinnules, laquelle se trouve au-dessus et très-rapprochée d'un plateau circulaire divisé en degrés et demi degrés.

Dans l'état de repos, la pinnule peut se mouvoir autour d'un axe vertical et parcourir tous les points de l'horizon. Lorsque le gyroscope est animé d'un mouvement rapide de rotation le plan déterminé par l'alidade à pinnules sera maintenu fixe dans l'espace et si le bâtiment se déplace en virant à gauche ou à droite, le plateau divisé entraîné dans ce mouvement se déplacera par rapport au plan de l'alidade.

Pour animer le gyroscope du mouvement de rotation nécessaire pour obtenir la fixité du plan dont il vient d'être question, on se sert du rouage (mû par une manivelle) dont le bâti peut s'élever ou s'abaisser à volonté pour embrayer ou débrayer le dernier mobile avec l'un des pignons fixés vers les extrémités de l'axe du gyroscope.

En tournant la manivelle on peut atteindre la vitesse d'un tour en 3 secondes environ, ce qui correspond pour le gyroscope à une vitesse de 125 tours. Alors on débraye le rouage qui quitte instantanément le gyroscope et tombe dans sa position inférieure. A cet instant, l'appareil est prêt à fonctionner. Son mouvement dure de 12 à 15 minutes. On ne doit arrêter le mouvement qu'en appuyant légèrement le doigt sur la circonférence du mobile, tandis que l'on maintient de l'autre main l'anneau horizontal dans lequel tourne le gyroscope

3. *Thermomètres-sondeurs.* — Un des problèmes les plus intéressants pour la navigation océanique consiste à savoir comment sont réparties à chaque époque de l'année les températures de la mer qui règlent ses mouvements, c'est-à-dire les courants dont l'influence est si considérable dans la navigation. Il serait donc avantageux de pouvoir construire des cartes (et Maury l'a entrepris) indiquant les Isothermes marins, non-seulement pour la surface, mais aussi pour les différentes profondeurs. La détermination de la température de la mer à la surface ne présente pas de bien grandes difficultés ; mais il n'en est pas de même lorsque l'on veut avoir la température à une profondeur

donnée. Si l'on était sûr que la température évaluée aux différents points d'une même verticale allât constamment en croissant ou en décroissant, l'emploi des thermomètres à maximum ou à minimum permettrait de résoudre la question. Bien que l'on puisse admettre que ce cas soit le plus général il y a pourtant bien des exceptions. En laissant de côté les méthodes électriques que Siemens a indiquées et dont on voyait l'appareil dans la vitrine de MM. Negretti et Zambra, section anglaise, on peut dire que la mesure de la température a été demandée à deux sortes d'instruments, le thermomètre à maximum et minimum de Six et Bellani, et les thermomètres à déversement. L'emploi du thermomètre de Six et Bellani présente bien des inconvénients : la colonne de mercure se divise et chose plus grave, la pression considérable aux grandes profondeurs altère l'exactitude des résultats. MM. Negretti et Zambra en l'enfermant dans une enveloppe protectrice de verre très-épais ont réussi à éviter le second inconvénient, mais ils n'ont pu empêcher les index de glisser peu à peu sous l'influence de la pesanteur, le mercure de se diviser et l'instrument de manquer à la fois d'exactitude et de sensibilité. Les thermomètres à déversement paraissent résoudre bien mieux la question, et Aimé, qui faisait partie de la commission scientifique chargée de l'exploration de l'Algérie, a fait connaître deux thermomètres à déversement et un procédé de retournement qu paraissent, en tout point, satisfaisants.

Depuis quelque temps on emploie davantage dans la construction des thermomètres à maximum le principe de la division de la colonne mercurielle. C'est sur ce principe que sont construits divers thermomètres exposés par MM. Negretti et Zambra et entre autres le thermomètre sondeur dont nous avons à parler.

La construction de cet instrument se comprend facilement en se reportant à la pl. II, fig. 6, 7, 8. C'est un thermomètre à mercure, à réservoir cylindrique. La tige est recourbée en A et en B, et une petite olive a été laissée en C. Quand on place le thermomètre avec le réservoir en bas, le mercure, à la température ordinaire, remplit le réservoir, le tube et une partie de l'olive dont le reste sert pour la dilatation du mercure. De la sorte, il n'est pas possible de marquer une division sur le tube, aussi la graduation qu'il porte convient-elle au cas où le thermomètre a été retourné. Au momens précis où se fait ce retournement, la colonne mercurielle se coupe en A comme le montre la fig. 6, et le mercure tombant dans l'olive la remplit et s'arrête dans le tube devant une graduation qui fait connaître la température à l'instant où le thermomètre a été retourné. Ce retournement que Biot opérait à l'aide d'une seconde corde dans son appareil à puiser de l'eau de mer à de grandes profondeurs, Aimé l'obtenait par la chute d'une masse de plomb qui agissait sur un déclic et mettait en liberté le cylindre qui contenait le thermomètre, et que l'on avait accroché dans une position renversée. MM. Negretti et Zambra s'appuient sur un principe plus simple encore. Le thermomètre monté sur une planchette en bois se couche le long de la ligne de sonde par suite de la résistance de l'eau et prend dans la descente la position représentée fig. 7, tandis que pendant que l'on ramène la ligne il se renverse ainsi que l'indique la fig. 8. Avant de jeter le plomb de sonde, on soutiendra le thermomètre de manière que le réservoir soit en bas et l'on veillera à ce que la colonne mercurielle ne soit pas divisée. Il est facile de comprendre que la lecture faite au moment où le thermomètre est remonté ne peut différer de celle qu'on aurait faite au moment du retournement que d'une quantité tout à fait négligeable en raison du faible volume de la colonne de mercure déversée dans l'olive. Si le mercure du réservoir venait à se dilater, le mercure sorti se logerait en AB. Si l'ins-

trument doit servir dans des mers très-profondes il faut l'enfermer dans une enveloppe épaisse de verre scellée à la lampe.

La vitrine de MM. Negretti et Zambra contenait encore un autre modèle de thermomètre sondeur, ou plutôt une autre disposition pour retourner le thermomètre qui ne doit fonctionner qu'en montant. Le thermomètre est commandé par une hélice dont l'axe est vertical. Pendant la descente, l'hélice tourne dans un certain sens, et le thermomètre ne bouge pas; mais aussitôt qu'on remonte, le mouvement de l'hélice venant à changer de direction, le thermomètre se renverse et le déversement du mercure peut se produire ou bien la colonne séparée se trouve isolée et permet la lecture quand l'instrument est amené sur le pont.

4. *Sondeurs.* — La détermination de la profondeur de la mer au point où l'on se trouve et la connaissance de la nature du fond fournissent souvent au marin des renseignements précieux relativement à la position qu'il occupe sur la surface du globe, aussi a-t-on imaginé beaucoup d'instruments propres à faire connaître la profondeur de l'eau. L'Exposition de 1878 nous a offert deux instruments de ce genre, l'un dans la section anglaise, l'autre dans la section russe.

Le premier sondeur est dû à sir William Thomson qui a disposé l'appareil de manière à ce qu'on puisse sonder tous les quarts d'heure. Nous n'insisterons pas sur les détails pratiques de cet instrument destiné à effectuer des sondages jusqu'à 300 mètres environ. La profondeur se conclut ou bien de la lecture d'un compteur ou bien de la diminution de volume éprouvé par l'air enfermé dans un tube de verre. A la ligne est attaché un tube de laiton dans lequel on engage un tube de verre ouvert par le bas. L'air qui remplit primitivement le tube se comprime peu à peu, l'eau monte dans le tube pendant tout le temps que dure la descente et quand le tube est ramené sur le pont on l'applique contre une échelle divisée. La profondeur se lit sur l'échelle en regard de la trace rouge qu'a laissée l'eau par son introduction dans le tube préparé. Si la pression barométrique initiale n'était pas exactement 760 $^{m}/_{m}$, il faudrait faire une correction que sir W. Thomson indique dans la brochure destinée à accompagner son appareil.

C'est aussi sur la loi de Mariotte qu'est fondé le sondeur de la section russe. M. Wladimir Alénitzine le fait connaître, sous le nom de bathomètre, dans une brochure française qu'il a publiée. Ce bathomètre est garni de deux robinets et il est destiné à rapporter de l'eau puisée à une profondeur déterminée plutôt qu'à mesurer cette profondeur. La brochure publiée par M. Alénitzine décrit surtout la clef de bathomètre, c'est-à-dire la disposition par laquelle l'instrument doit se retourner de lui-même aussitôt qu'on aura atteint la profondeur voulue. A ce point de vue, c'est une nouvelle solution de la question traitée par *Biot*, *Aimé*, *Negretti*, c'est donc en réalité un appareil à retournement. Il est fondé sur la loi de *Mariotte.* Un piston poussé par la pression de l'eau comprime de bas en haut de l'air enfermé dans un cylindre. La tige du piston entraîne une traverse qui, à un moment donné, dégage un déclic et permet le renversement des appareils accrochés, bathomètre, thermomètre, appareil à puiser de l'eau. L'idée est ingénieuse, la réalisation facile; toutefois pour être sûr que le déclanchement se fera à la profondeur voulue, quelle que soit l'inclinaison de la ligne de sonde, il faut tenir compte de la pression de l'air au moment où l'on ferme le robinet du cylindre et supposer que la température ne varie pas, ce qui n'est guère permis. L'auteur indique d'ailleurs les corrections à faire.

5. *Marégraphes.* — C'est évidemment au chapitre des instruments qui intéressent la navigation qu'il convient de rattacher les instruments et les mé-

thodes qui permettent de calculer la hauteur de l'eau en un lieu donné et à une heure donnée. Cette question a préoccupé les savants et les constructeurs. Le comité de l'Association britannique pour l'avancement des sciences a voulu en faire aussi l'objet de ses études. En 1872, M. Roberts, secrétaire du comité, a publié un rapport sur le calcul des marées, et en 1876, sir William Thomson a repris cette question au point de vue analytique et au point de vue expérimental. Nous ne pouvons insister ici sur les applications de l'analyse harmonique aux mouvements de la mer, mais nous devons signaler les deux appareils exposés par sir William Thomson dans la section anglaise et construits par M. Légé. Le premier de ces instruments est un marégraphe qui se distingue des instruments de ce genre en ce que les cylindres d'inscription ont leurs axes verticaux, un papier sans fin permettant aux courbes de marée de se placer les unes à la suite des autres. La marche est parfaitement régulière grâce à la perfection de l'horloge munie d'un échappement libre. Le papier imprimé et réglé d'avance reçoit la marque du crayon qui trace alors une courbe continue. Le crayon est disposé dans une coulisse mobile qui imprime à chaque heure un mouvement de va-et-vient et produit ainsi un crochet dans la courbe. A minuit et à midi ce crochet est double pour faciliter les recherches; un second crayon fixe sert à marquer le niveau moyen de la mer; la roue du flotteur n'a que 71 centimètres de circonférence. L'espace occupé par l'instrument exposé n'est que de 60 cent. de largeur sur 25 cent. de profondeur et 1 mètre et demi de hauteur.

Le second appareil de sir W. Thomson est la machine à calculer les marées : elle a pour objet de prédire la marée pour tout port dont les coefficients de marée ont été déduits par l'analyse harmonique au moyen des observations enregistrées pendant quelque temps par le marégraphe du lieu considéré.

La machine ne prédit pas seulement l'heure et la hauteur des pleines mers, mais elle définit aussi au moyen d'une ligne courbe continue la hauteur de la mer pour chaque instant d'une année ou d'une série d'années indéfinie.

Pour arriver à ce résultat, il faut additionner les quantités des différents coefficients que l'on prend en considération. La machine exécute cette addition de la manière suivante. Chaque coefficient est représenté par un axe portant un levier à coulisse. Ces leviers et ces axes sont horizontaux ; un système de poulies, de chaînes, d'engrenages et de poids, difficile à comprendre sans avoir l'instrument sous les yeux, est mis en mouvement à l'aide d'une manivelle. Comme poids final on attache à la chaîne un encrier avec une pointe de verre percée. Elle marque en appuyant sur une longue bande de papier une trace continue qui représente le niveau de la mer. La machine peut être tournée assez rapidement pour tracer en quatre heures les marées d'une année pour un port.

Dans l'exposition suisse, MM. Hasler et Escher exposaient un marégraphe, qui nous a paru analogue aux instruments qu'on emploie habituellement dans les ports.

III. — MÉTROLOGIE.

Nous comprendrons sous cette désignation tous les instruments à l'aide desquels on obtient la mesure de l'un des éléments géométriques ou mécaniques qui sont si utiles à la physique, mais qui ne s'y rattachent que d'une manière secondaire. Nous voulons parler des longueurs, des angles, du temps.

1. **Longueurs.** — La mesure des longueurs et leur division était représentée à l'Exposition par un grand nombre d'instruments appartenant presque tous à la section française.

A. *Mesures.* — Tout d'abord, nous mentionnerons les étalons de mesure, et ici encore des noms français se présentent. Ne faut-il pas nommer MM. Dumoulin-Froment, Brunner, Deleuil, Richer, quand il s'agit de mesures types. M. Deleuil avait un mètre étalon dans sa boîte et la vitrine de M. Dumoulin-Froment offrait des mesures de toute sorte depuis le mètre étalon jusqu'au réseau donnant le centième ou le millième de millimètre. S'agit-il au contraire de mesures commerciales et courantes il faut citer M. Verguet Jacquemin de Sainte-Claude (Jura) et M. Barbier. Dans quelques expositions étrangères, en Norwége, par exemple, on trouvait aussi des mesures industrielles, mais elles nous ont paru bien grossières.

B. *Cathétomètres.* — Après les étalons viennent les appareils de mesure, par exemple les cathétomètres. La section française comprenait ceux de M. Perreaux si connu pour les perfectionnements qu'il a apportés à cet instrument. Nous en avons déjà parlé dans notre étude sur l'Exposition de 1867; depuis il n'a fait aucun changement à son modèle qui semble réaliser toutes les conditions qu'on peut désirer. M. Dumoulin exposait un cathétomètre destiné à constater les déformations des pièces métalliques employées dans les constructions, Il porte deux lunettes, l'une d'elle se déplace horizontalement tandis que l'autre est fixe; l'instrument peut d'ailleurs se mettre aussi vertical.

L'exposition italienne offrait aussi un cathétomètre construit dans des dimensions telles qu'il eut fallu plusieurs hommes pour le déplacer; il avait une course de $1^m,5$ et donnait le centième de millimètre sur une division en argent, la lecture se faisait au microscope. Tout naturellement un fort contre-poids devenait nécessaire. La règle à nervure était plate et placée excentriquement par rapport à l'axe de rotation, deux niveaux servaient à établir l'horizontalité d'un fort trépied en fonte.

La Société Genevoise exposait aussi un grand cathétomètre de $1^m,10$ de course. La règle est appliquée sur le tube qui entoure l'axe de rotation, deux contre-poids placés à angle droit assurent l'équilibre de l'appareil qui est porté par un trépied en fonte, la division est faite sur argent.

C. *Sphéromètres.* — Ici encore, M. Perreaux exposait un instrument fort ingénieusement conçu et parfaitement exécuté, c'est le sphéromètre à aiguille déjà exposé en 1867. Sa sensibilité est telle que lorsqu'on a ajusté l'aiguille après avoir mis sous la pointe un morceau de papier bien sec, il suffit de toucher le papier avec le bout du doigt légèrement mouillé pour voir de suite marcher l'aiguille. Le papier imbibé par capillarité se gonfle et soulève la pointe centrale.

D. *Machines à diviser.* — Les machines à diviser la ligne droite et le cercle ont commencé à faire connaître M. Perreaux et depuis il les a peu modifiées; pourtant il en exposait une qu'on peut considérer comme un petit bijou, c'est une machine qui trace 1500 traits équidistants dans l'épaisseur d'un millimètre. Elle est mue par un mouvement d'horlogerie; le pas de la vis est d'un dixième de millimètre et le traçoir est un petit éclat de diamant.

A côté de cette machine miniature placée sous globe et qui marche toute seule quand on l'a montée à la manière d'une pendule, se trouvent les machines à diviser si parfaites employées dans les cabinets de physique, dans les ateliers. La vis est creuse, ce qui lui assure une grande légèreté en même temps qu'une grande résistance et le pas est d'une régularité extraordinaire. L'exposition de M. Dumoulin-Froment comprenait aussi des machines à diviser la ligne droite et à diviser le cercle. La construction n'est pas tout à fait la même que celle de

M. Perreaux, et ces machines peuvent être conduites par le moteur électro-magnétique que Froment a imaginé pour les faire marcher.

Un esprit très-ingénieux et inventif que la mort a empêché de prendre part à l'Exposition, bien que sa place y fut retenue, M. Lejeune, ancien pharmacien de la marine avait imaginé et construit de ses mains une machine à diviser la ligne droite et le cercle. Cette machine de petites dimensions ne prétend pas rivaliser de précision avec la machine qui trace 1500 traits dans l'épaisseur d'un millimètre, mais vu sa simplicité relative et son bon marché possible, elle pourrait rendre des services pour diviser les thermomètres, densimètres, etc. Le tracelet est fixé sur la plateforme de l'instrument, et c'est la règle à diviser qui se meut sur deux rails. La plaque qui la soutient porte un bras transversal commandé par l'écrou de la vis. La vis peut tourner autour de son extrémité comme centre, de manière à pouvoir faire un angle plus ou moins aigu avec la direction de la règle, de sorte qu'à un même déplacement de l'écrou le long de la vis répond un mouvement plus ou moins considérable du bras et de la plaque. On peut de la sorte incliner la vis de manière que la longueur à diviser corresponde à un nombre donné de tours de vis égal par exemple à celui des divisions que l'on veut tracer, ou à un de ses sous-multiples. Pour diviser le cercle, on attache au moyen d'une chaîne métallique la plaque mobile à un barillet qui renferme un ressort comme un barillet de montre et sur lequel on assujettit le cercle à diviser. Un tour du barillet répondra à un mouvement déterminé de la plaque sur ses rails et par suite à un nombre donné de tours de vis. On voit alors combien pour un degré il faut de tours de vis ou de fractions de tours car la tête de la vis porte outre la manivelle un cercle gradué qui tourne devant un index.

En somme, dans cet ordre d'instruments rien de nouveau ne s'est produit depuis la dernière exposition, et nous ne pouvons que renvoyer le lecteur à ce que nous avons déjà publié à ce sujet. Ajoutons, pour terminer, que dans l'exposition de la guerre on voyait les appareils si beaux et si précis de M. Brunner pour la mesure des bases.

2. **Distances.** — La mesure des distances présente un très-grand intérêt pour le militaire, le marin, l'ingénieur. La rectification du tir exige que l'on connaisse avec une certaine précision la distance du but à atteindre et d'un autre côté la construction des plans rend nécessaire la connaissance de la distance des différents points qu'il s'agit de représenter. De là, les télémètres militaires et les distanciomètres civils, si l'on peut dire, car ces derniers ne sont pas obligés d'avoir toutes les qualités qu'on exige des premiers. Nous avons déjà dans notre Etude de 1867, et même auparavant dans un mémoire spécial, étudié aussi complétement que possible l'état de la question. Il nous reste donc à signaler ici les nouveautés qui se sont produites depuis et à rappeler sommairement les instruments principalement employés.

Nous avons retrouvé au Champ-de-Mars quelques instruments déjà connus et très en faveur parmi les ingénieurs militaires, par exemple le télémètre Gautier construit par M. Tavernier Gravet. Cet instrument éminemment portatif et commode donne les distances et même les grandes distances avec une certaine précision, il a l'avantage de ne pas exiger un aide; c'est un instrument pratique entre tous, aussi son usage est-il assez répandu.

On obtient également de fort bons résultats du télomètre à prismes du colonel du génie Goulier si connu par ses nombreux travaux relatifs aux méthodes et aux instruments employés dans le lever des plans et la mesure des distances. Cet instrument comme le précédent se trouve décrit et figuré dans notre Étude de 1867. C'est bien ici le lieu de signaler les notices si instructives publiées par

le colonel Goulier sur la stadia et les lunettes anallatiques employées avec elle pour la mesure des distances. Pas plus que les instruments que nous venons d'indiquer, ce ne sont des nouveautés; nous en parlerons ici pour aider ceux qui veulent étudier complétement cette question, à titres de renseignements. Le télomètre à prismes du colonel Goulier était exposé aussi par M. Tavernier Gravet.

Puisque nous sommes en train de rappeler les principaux distanciomètres exposés en 1867, mentionnons encore l'un des plus élégants et des plus simples, la lunette cornet cavalier à prismes de Porro, modifiée par M. Bousson qui en a fait un distanciomètre assez commode et que construit si habilement M. Hofman. Des considérations que nous n'avons pas à apprécier ici ont éloigné M. Hofmann du Champ-de-Mars et c'est fort regrettable, car c'est un artiste de valeur dont nous aurons encore plusieurs fois occasion de parler, malgré son abstention comme exposant. La lunette Bousson qui peut servir comme lunette d'approche et aussi comme distanciomètre est un instrument fort ingénieux. Il a, sur les précédents, l'inconvénient d'exiger une certaine fixité, son mouvement exige un peu plus d'habileté; quoi qu'il en soit, c'est un instrument à recommander. On en trouvera la description et la figure dans les *Études sur l'Exposition de* 1867.

Nous arrivons enfin aux distanciomètres qui ne figuraient pas à l'Exposition de 1867, et nous voudrions parler ici d'un instrument ingénieux, mais assez compliqué dû à Siemens. Il ne figurait pas au Champ-de-Mars, et son usage est limité à la mesure de la distance des navires qui se déplacent près d'une côte. En l'absence des figures il serait difficile d'en donner une description complète. Il nous suffira de dire qu'aux deux stations, qui forment les extrémités d'une base de longueur connue, se trouvent deux lunettes qui visent sans cesse l'objet dont on veut avoir la distance. La lunette de la première station entraîne, sur une grande table graduée, une règle qui lui est parallèle. Quant à la lunette de la deuxième station elle est dirigée sans cesse vers le point mobile, et dans son mouvement, elle entraîne un électro-aimant cylindrique Siemens placé entre les pôles de forts aimants, il en résulte, comme on sait, une série de courants induits qui passent à la première station au moyen d'un fil conducteur. Ils y sont reçus dans un électro-aimant dont l'armature conduit une aiguille d'aluminium. Les mouvements de cette aiguille répètent, à la première station, ceux que fait à la seconde la lunette dirigée sur le point mobile; il en résulte que l'observateur de la première station voit devant lui, sur la table, deux règles qui forment avec la distance des centres de rotation un triangle semblable à celui qui, dans l'espace, a pour sommets les deux stations et le point mobile. La connaissance du rapport de similitude permet de conclure la distance. Cet appareil délicat est construit dans un but spécial. C'est une application ingénieuse des électro-aimants polarisés et de la machine magnétoélectrique de Siemens; à ce double titre elle mérite d'attirer l'attention.

Si nous arrivons 'aux distanciomètres que nous avons vus à l'Exposition nous en trouvons trois à signaler. Le premier est celui du lieutenant Gaumet, il se trouvait dans la classe 68, mais il est construit par M. Balbreck qui exposait à la classe 15. Ce télémètre de poche n'est pas un instrument de précision, mais il paraît convenir très-bien comme instrument destiné à l'infanterie, car c'est surtout au point de vue militaire qu'il a été imaginé. Le principe n'est pas nouveau, du reste, puisqu'à tout prendre, le télémètre Gaumet est une équerre à double réflexion. En 1862, le capitaine d'artillerie prussien Schott avait proposé une sorte de sextant simplifié, la double équerre à réflexion du capitaine d'artillerie belge Grotaers s'en rapproche également; enfin les distanciomètres hollandais du major Snœck inventés vers 1867 présentent plus d'un point de

ressemblance avec le télémètre Gaumet. Ajoutons enfin que le télémètre Nolan logé dans la crosse du fusil est aussi un instrument à deux miroirs. Ces divers instruments sont décrits dans le mémoire auquel il a déjà été fait allusion et qui a été publié dans le *Journal des sciences militaires*, avril 1867. Tout cela d'ailleurs ne diminue pas le mérite du télémètre Gaumet dans lequel la distance est lue immédiatement sur la boîte de l'instrument (pl. II, fig. 4).

L'opération consiste à faire deux observations aux deux extrémités d'une base de 20 mètres par exemple. A la première station les deux miroirs ayant été mis parallèles (l'un est fixe, l'autre peut tourner autour d'un axe qui passe par le plan sur lequel se fait la réflexion), on amène en coïncidence l'objet dont on veut avoir la distance et un objet servant de signal naturel. La coïncidence qui n'existe plus lorsqu'on se rend à la deuxième station doit être rétablie en faisant tourner sur lui-même le miroir mobile, et l'angle dont le miroir a tourné est la moitié de l'angle parallatique ou de l'angle à l'objet. La base étant de 20 mètres, la connaissance de l'angle à l'objet permet de conclure la distance. Dans le sextant, cet angle est lu sur la graduation circulaire; dans le télémètre Gaumet une vis micrométrique dont le pas est d'un millimètre ou d'un demi-millimètre et qui porte un tambour divisé en cent parties fait connaître la tangente de l'angle dont le miroir a tourné. Il est facile pour chaque instrument et pour une base de 20 mètres de déterminer la distance qui répond à chaque tour de vis, une table collée sur l'instrument permet donc d'éviter tout calcul. La mesure d'une distance de plusieurs kilomètres n'exige pas plus de trois minutes en général et peut être obtenue avec une précision suffisante pour les besoins de la guerre. Comme tous les autres télémètres, cet instrument donne aussi la solution des diverses questions qui se rattachent à la mesure des distances, mais il possède des qualités qui manquent à la plupart d'entre eux. Il est d'une grande simplicité, essentiellement portatif, car il tient facilement dans le gousset, de plus son prix est assez modique.

Le télémètre micrographique de MM. Dallemagne et Triboulet qui figurait dans la classe 15 est d'un tout autre genre ; c'est un appareil destiné à permettre de lire commodément sur une carte la distance de deux points. L'auteur, frappé de la gêne qu'on éprouve souvent à lire sur une carte de grandes dimensions, la nuit par exemple, a imaginé de faire des reproductions photographiques et à une petite échelle des feuilles de la carte de France. Une forte loupe tenue dans un tube permet d'examiner la carte imprimée sur une feuille de collodion et placée entre deux lames de verre mince. Une seconde lame de verre porte des cercles tracés au diamant et qui comprennent tous les points distants du centre de 1000, 2000, 3000 mètres par exemple. Veut-on la distance de deux points de la carte, on fait glisser la lame collodionée jusqu'à ce que l'un des points soit au centre des cercles et l'on cherche sur lequel des cercles se trouve l'autre.

Cette opération n'exige que peu de lumière ; elle peut se faire la nuit à la lueur du moindre fanal, tandis que la lecture d'une carte présente de grandes difficultés. Il faut, il est vrai, avoir une série de reproductions photographiques, mais la collection des 270 cartes de l'État-major, réduite pour le télémètre Dallemagne, peut se transporter très-aisément dans le sac d'un soldat, tandis que pour contenir la carte en feuilles, il faut un fourgon. L'inconvénient est que le verre est un peu fragile, mais avec du soin on peut éviter les accidents. En somme, l'idée est ingénieuse.

Le troisième télémètre que nous ayons trouvé appartient à l'exposition russe, et est dû à M. Schwedoff, professeur à l'Université d'Odessa; mais malgré la complaisance de l'un des commissaires russes, il ne nous a pas été possible de saisir la disposition de l'instrument. L'auteur a établi plusieurs mo-

dèles qui paraissent tous destinés à être disposés sur un point élevé du rivage, pour déterminer la distance d'un navire, sans exiger la mesure préalable d'une base.

3. **Angles.** — La nécessité de la détermination des angles se présente à l'ingénieur, au marin, à l'astronome; mais les conditions dans lesquelles se font les mesures étant très-variées, il a fallu imaginer un grand nombre d'instruments plus ou moins précis. Le marin et l'astronome se préoccupent seulement des angles; pour l'ingénieur civil ou militaire, les angles se rattachent aux distances et quelquefois la connaissance de l'un des deux éléments dépend de la mesure de l'autre, alors les deux recherches sont intimement liées l'une à l'autre et la solution est parfois demandée au même instrument. Les instruments qui se rattachent à ce chapitre sont très-variés, et pour les passer en revue, nous serons obligés de les subdiviser.

A. *Alidades.* — Dans l'armée, on fait un grand usage de l'alidade autoréductrice que le capitaine Peigné avait exposée classe 15. L'instrument n'est donc pas tout nouveau. Il est des plus simples et donne par une seule lecture la cote d'un point et sa distance à la station, pourvu qu'elle ne dépasse pas 150 mèt. L'appareil se compose d'une planchette avec son trépied, d'une mire portant deux voyants, et enfin de l'alidade à coulisse qui se pose sur la planchette, et qui donne rapidement et par une simple lecture, la distance du point cherché à $1/_{200}$e près, la différence de niveau à 5 cent. près.

Cette alidade autoréductrice du capitaine Peigné n'est qu'une modification de l'alidade nivelatrice du colonel Livet, perfectionnée depuis par le colonel Goulier. Ce dernier instrument figurait dans l'exposition du Dépôt des fortifications, si riche en instruments destinés au service du génie.

Dans la section suisse, M. Kern avait exposé une planchette avec une alidade nivelatrice à stadia de graud modèle, destinée au cadastre. L'instrument était passé au vert antique, procédé assez employé par un grand nombre d'exposants français et étrangers.

B. *Graphomètres.* — Dans cette catégorie d'instruments, nous avons remarqué dans la section russe, un instrument peut-être un peu massif, mais qui nous a paru très-bien établi. Le cercle est complet et porte deux pinnules fixes. L'alidade mobile portant les deux pinnules est munie d'un double vernier. Au centre est une boussole et à côté, deux niveaux rectangulaires. La division du graphomètre et celle de la boussole sont sur argent. Il est construit par M. Edelberg.

C. *Niveaux.* — Les niveaux peuvent être employés soit à déterminer l'horizontalité d'une surface ou sa pente, soit à indiquer la différence de hauteur de deux points éloignés.

Dans la première catégorie, M. Jules Lefebvre avait exposé un grand nombre de modèles, niveaux simples non fragiles, niveaux clitographes à cadre, indiquant la pente et destinés soit aux ateliers soit aux services des mines, du génie, ou de l'artillerie; niveaux-équerres simples ou à cadre. M. Tavernier exposait des niveaux à lunettes avec mires parlantes, et nous avons retrouvé des niveaux à lunette dans un grand nombre de vitrines.

Parlons d'abord du Dépôt des fortifications où dominent les instruments inventés et perfectionnés par le colonel Goulier qui exposait à la classe 15. On y trouvait le niveau à collimateur du colonel Goulier. C'est une modification du niveau Burel, mais il n'exige pas de rectifications, il donne très-rapidement des résultats assez précis et son volume est tel qu'on le met facilement dans sa

poche. Il remplace donc avantageusement le niveau d'eau. Le niveau à lunette a été aussi perfectionné par le colonel Goulier. Le Dépôt des fortifications exposait un instrument de ce genre construit par MM. Brosset frères, et qui se distingue par certains détails. L'objectif est fixé dans son barillet par un mastic au caoutchouc pour empêcher tout ballottement et par suite tout déplacement de l'axe optique. La fiole du niveau a des rectifications d'une stabilité parfaite due autant à la solidité qu'à la simplicité de la construction. Avec ce niveaux étaient exposées les mires parlantes à nouvelle chiffraison et les mires de l'adjoint du génie Marc, sur lesquelles on lit directement les altitudes des points dans un nivellement par rayonnement.

Les sections étrangères avaient aussi des niveaux à lunette; on en voyait à l'exposition de l'Institut industriel de Lisbonne. Un des instruments exposés porte deux lunettes renversées qui, par une rotation de 180° autour d'un axe horizontal, peuvent se substituer l'une à l'autre. Le niveau est à la partie inférieure de l'instrument dont la construction ne paraît pas très-soignée.

M. Kern, en Suisse, exposait des niveaux à lunette très bien faits et passés au vert antique. Dans ces instruments, la fiole a une chambre qui permet d'allonger la bulle à volonté et de modifier par suite la sensibilité.

En Italie, l'Officina Galileo exposait un niveau Stampfer à lunette anallatique pour mesurer les distances. Une vis micrométrique à tambour divisé fait mouvoir la lunette autour de l'une de ses extrémités comme centre.

Dans l'exposition de Hongrie, le professeur Etienne Krusper avait un niveau à lunette qui paraissait très-soigné. L'objectif est scié en deux comme dans les héliomètres et donne par suite deux images; la lunette, d'assez grandes dimensions, supporte le niveau ; enfin, la lunette est mobile autour de l'une de ses extrémités. Un quart de cercle denté mené par une vis micrométrique à tambour permet de lui donner l'inclinaison voulue et de la mesurer.

D. *Tachéomètres.* — Ce nom est appliqué depuis les travaux de Porro aux instruments disposés pour donner rapidement les coordonnées des divers points qui constituent une triangulation. Ils servent donc dans la géodésie expéditive, dans les levés à grande échelle. Pour opérer rapidement, il faut pouvoir définir non-seulement la position du plan vertical qui contient l'objet par rapport à son plan vertical d'origine, mais encore l'angle du rayon visuel avec l'horizontale contenue dans le plan de l'objet, et enfin, la distance de cet objet à la station, c'est-à-dire l'orientement, la pente et la distance. Le tachéomètre de Porro et son cleps, étaient spécialement construits pour résoudre simultanément ces trois problèmes par la méthode du rayonnement. Des modifications nombreuses ont été apportées à cet instrument, et quelques-unes d'entre elles figuraient à l'Exposition. Citons d'abord le tachéomètre portatif du génie, avec son euthymètre ou stadia qui peut se placer, à la volonté de l'opérateur, horizontalement ou verticalement. Ce dernier accessoire de l'invention du colonel Goulier remplace avantageusement les mires parlantes.

M. *Richer* exposait aussi un tachéomètre, véritable théodolite dont la lunette est placée entre deux cercles. Deux verniers donnent la lecture sur le cercle vertical, et deux autres marchent sur le cercle horizontal. Une lunette d'épreuve est fixée au pied de l'instrument. Dans l'exposition Secretan, on trouvait le tachéomètre Rabusseau. Cet instrument permet les lectures à 500 mètres sur des mires graduées en centimètres, mais il vaut mieux pourtant ne pas dépasser 300 mètres. Le réglage du tube anallatique se fait à l'aide d'une clef sans dévisser la lunette, comme dans la plupart des instruments de ce genre. C'est à cette catégorie d'instruments que se rattachent les deux instruments qu'exposait à la classe 15, M. Sanguet, ingénieur-géomètre. Le premier est un tachéo-

mètre qui donne de suite les distances réduites à l'horizon ; le second est désigné par l'inventeur sous le nom de Coordinatomètre. Il donne aussi presque sans calcul, les coordonnées des points visés par rapport à une ligne d'opération que se donne l'observateur, au commencement de chaque opération. Nous manquons de renseignements à l'égard de ces instruments qui donneraient, dit-on, d'excellents résultats.

Déjà, à l'Exposition de 1867, MM. *Peaucellier et Wagner* exposaient une boussole nivelante à lunette autoréductrice avec stadimètre que nous avons décrite avec soin et figurée dans notre *Étude*. Entre l'objectif et l'oculaire se trouve une lentille divergente achromatique, montée sur un coulant intérieur que guide une coulisse longitudinale. Lorsqu'on incline la lunette sur l'horizon, cette lentille est déplacée par une bielle articulée sur l'éclimètre. Les proportions sont calculées de telle sorte, que la longueur d'une stadia horizontale qui paraît interceptée entre les fils stadimétriques verticaux est toujours proportionnelle à la projection horizontale de la distance réelle de la stadia au centre de l'instrument. Depuis cette époque, les mêmes auteurs ont imaginé un instrument nommé par eux homolographe, et qui fait, par rayonnement, automatiquement et avec rapidité, le plan au millième et le nivellement d'un terrain. Dire que cet instrument est construit par MM. Brunner, c'est dire que sa construction ne laisse rien à désirer. Il faisait partie de l'exposition du Dépôt des fortifications, ainsi que l'homolographe à anneau des mêmes officiers. La construction de ces instruments est trop compliquée pour que nous puissions donner en détail leur description et leur manœuvre ; il nous suffit de dire que la feuille de papier que porte la planchette sur laquelle est fixé l'instrument, reçoit à chaque opération une marque au crayon qui représente le point visé. On peut ainsi, à chaque station, opérer par rayonnement dans un cercle de 110 mètres de rayon. Quant à l'altitude du point visé, elle se lit sur une échelle verticale. En France on trouvait encore des tachéomètres et des théodolites à l'exposition de M. Balbreck. Ils paraissaient fort soignés et presque tous au lieu d'être vernis étaient passés au vert antique ce qui leur donne un aspect un peu sombre. Cette pratique est-elle à recommander? l'expérience seule prononcera.

Dans les sections étrangères, nous avons remarqué un théodolite tachéomètre exposé en Autriche par M. Kraft. Il paraissait fort bien construit. La lunette occupe le centre de l'instrument; son axe horizontal est soutenu par deux supports latéraux dont l'un porte un cercle vertical.

En Autriche également, M. Schlesinger exposait des instruments de géodésie expéditive de son invention : tachéomètres et tachéographes. Le premier est un théodolite universel avec boussole. L'inventeur a voulu réunir dans un même instrument les avantages que présentent la boussole et les cercles à lunette. L'axe vertical de l'instrument supporte d'abord la boîte que contient la boussole, et c'est sur le couvercle métallique de la boîte et en son centre, qu'est fixée la partie supérieure de l'instrument. Ce couvercle porte donc des échancrures garnies de verre qui permettent de suivre les mouvements de l'aiguille que l'on observe à l'aide de microscopes portés par un cercle qui tourne autour de la boîte de la boussole. Le cercle gradué de la boussole peut recevoir un mouvement de rotation qui permet de lui donner la direction désirée. L'auteur trouve avantageux de substituer à l'aiguille unique généralement employée, un système de trois aiguilles parallèles, l'une de grandes dimensions portant la chape, les deux autres plus petites et fixées parallèlement à la grande, au moyen de traverses d'aluminium. La lunette étant anallatique, l'instrument forme un tachéomètre complet. Le second instrument est une simplification du premier. L'auteur donne le nom de tachéomètre dioptrique à un instrument qui réunit à la fois la boussole et l'alidade à pinnules, il est donc destiné à l'ar-

pentage ou aux déterminations qui demandent peu de précision. La boîte de la boussole tourne autour du pivot central sur lequel repose l'aiguille et entraîne avec elle l'alidade dont les pinnules sont divisées et munies de plaques oculaires et de plaques à fils dans le genre de l'alidade autoréductrice de M. Peigné.

A l'appareil se joint une mire avec un voyant carré de 25 centimètres de côté. On peut donc avoir les orientements, les distances et même les pentes. Les deux tachéomètres imaginés par M. Schlesinger sont destinés ainsi que l'indique leur nom, l'un à dessiner le polygone qu'on lève mieux qu'on ne pourrait le faire avec la règle, l'équerre et le rapporteur ordinaire, l'autre à en donner la superficie que l'on ramène à celle d'un triangle de hauteur connue et dont on mesure la base. Le premier de ces deux appareils sert en réalité à transporter des coordonnées rectangulaires au moyen d'une règle graduée munie de verniers et d'un châssis rectangulaire dont l'un des côtés est divisé et qui s'applique en glissant sur la règle. Sur le bord divisé du châssis court un vernier muni d'un piquoir à tête et dans l'intérieur du châssis est un second châssis ou limbe qui peut, lui aussi, être déplacé et qui porte une alidade mobile. Beaucoup d'autres dispositions de détail devraient être décrites pour donner une idée complète de l'instrument, mais cela nous entraînerait trop loin. — Le tachéographe planimètre fournit des résultats analogues à ceux qu'on obtient avec les planimètres polaires ; mais il ne peut servir que pour mesurer les polygones fermés, ce qui est le cas le plus général. Il opère par la substitution d'un triangle à un autre de manière à diminuer peu à peu le nombre des côtés du polygone jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que trois.

E. *Boussoles.* — Dans la pratique de la topographie, l'emploi de la boussole, comme instrument de mesure, doit être recommandé à plusieurs points de vue, surtout aux personnes qui n'ont pas acquis une grande expérience du maniement des tachéomètres. Pourtant, une condition indispensable doit être remplie ; c'est que la boussole soit exempte de tous les défauts que possèdent la plupart des instruments de ce genre. On peut citer comme modèle, à coup sûr, la boussole nivelante du génie, perfectionnée par le colonel Goulier, et que l'on trouvait à l'exposition du Dépôt des fortifications. L'un de ses principaux avantages consiste en ce que la lunette et l'éclimètre, au lieu d'être rejetés très-excentriquement, sont rapprochés de l'axe qui passe par le centre de gravité de l'instrument. On supprime par là les contrepoids, ce qui permet de restreindre beaucoup le poids de l'instrument et les erreurs dues à l'excentricité de la lunette. La lunette est anallatique et stadimétrique, de plus elle peut recevoir un niveau et l'instrument sert alors pour le nivellement direct. Un stadimètre ou un euthymètre accompagne la boussole.

Comme instrument rapide et d'une bien moins grande précision nous devons signaler encore la bousole alidade de M. Peigné. Son principe consiste à faire la visée comme avec une alidade et à reporter l'angle automatiquement comme dans le levé à la planchette. L'instrument permet d'exécuter la planimètrie et le nivellement ; on l'applique sur une planchette ou sur un carton et il constitue de la sorte une large alidade dont le bord biseauté est la ligne de foi. Un perpendicule ayant pour axe l'axe de l'aiguille permet d'obtenir les pentes. C'est donc un instrument commode pour les levés à vue.

F. *Altazimut.* — Nous terminerons cette revue rapide des instruments destinés à la mesure des angles en signalant un bel instrument qu'on pouvait remarquer à l'exposition suisse. C'est un altazimut d'une construction très-soignée et dont nous regrettons de ne pouvoir donner ici le dessin. Un gros trépied en fonte, muni de trois vis calantes supporte un cercle gradué sur lequel la lecture se fait avec deux microscopes. Une traverse mobile porte deux

lanternes et des prismes à réflexion totale destinés à éclairer les verniers. Au centre du cercle s'élève une colonne verticale qui porte transversalement le corps de la lunette avec deux grands niveaux croisés et deux microscopes horizontaux, destinés à lire sur le cercle vertical que la lunette entraîne, en tournant sur son axe. Au sommet de l'appareil est une lanterne ; des miroirs convenablement disposés, renvoient la lumière nécessaire pour faire les lectures. L'objectif est juxtaposé à un prisme à réflexion totale qui renvoie dans l'axe de la lunette les rayons lumineux réfléchis. L'oculaire est muni d'un micromètre à fils. Cet instrument était exposé par la Société genevoise pour la construction des instruments de physique.

4. **Pesanteur.** — On voyait beaucoup de balances à l'Exposition, et pour ainsi dire dans toutes les sections. Si l'on songe qu'il n'est pour ainsi dire pas une industrie, pas un genre de commerce qui ne réclame l'usage de la balance, on comprendra la variété de modèles et de formes que l'on rencontre à ce sujet. Parlons d'abord des balances grossières ou du moins qui ne réclament pas de précision. En France, nous avons trouvé M. *Mégi,* qui exposait des balances dites françaises du système Valette. La colonne qui supporte le fléau est très-courte, et celui-ci, à chacun de ses bouts, se termine par un demi-cercle qui supporte un peu en contrebas le plateau hémisphérique. On trouve, de la sorte, les avantages de la balance Roberval si répandue dans le commerce, et l'on évite l'emploi d'un contre-fléau inférieur. Les frottements sont diminués et la construction est bien plus simple. Ce modèle semble appelé à remplacer un jour la balance Roberval, comme balance vulgaire. Dans la section italienne, M. Domenico Canzi exposait deux balances de très-grandes dimensions en laiton. Dans l'une, qui peut peser jusqu'à 200 kilogr., un plateau soutenu par une seule tige est accroché à l'extrémité du fléau; sur l'autre bras, court un poids, c'est donc une romaine à plateaux. La seconde est une grande balance à deux plateaux qui ne présente rien de saillant.

Entre ces balances un peu grossières et les balances de précision, nous avons remarqué quelques modèles plus ou moins intéressants. Signalons d'abord en France, M. *Coulon* qui exposait une balance d'apparence singulière, destinée à donner de suite le prix de la marchandise que l'on pèse (pl. II, fig. 5). Un simple plateau est soutenu au-dessus d'un socle de marbre par une tige qui le traverse. Sur la façade antérieure de ce socle est un levier horizontal à poids curseur formant romaine. Une réglette est placée par devant et le poids, en se déplaçant, indique sur la règle le prix de la marchandise. Il faut évidemment une réglette pour les marchandises qui coûtent 1 franc le kilogr., une autre pour celles qui coûtent 1 fr. 20, etc. Dans certains genres de commerce où la qualité de la marchandise varie peu, on évite de la sorte de nombreux calculs.

M. *Roussel* exposait deux espèces de balances d'un bien plus grand modèle : l'une est une double romaine à colonne; l'autre un peson à cadran, qui ne semble offrir rien de bien nouveau.

M. Lejeune, ancien pharmacien de la marine, devait exposer une balance décimale très-commode et très-ingénieuse, quoique un peu compliquée. La mort l'a empêché de figurer à l'Exposition, où il devait envoyer son alcoomètre pondéral, sa machine à diviser et la balance décimale représentée pl. I, fig. 1, 2, 3, 4.

Les qualités que M. Lejeune a cherché à donner à sa balance sont les suivantes: plateaux plats de forme carrée, permettant d'y placer des objets à large base; absence de chaînes, tringles qui gênent dans les pesées ; mécanisme enfermé dans une caisse inférieure à l'abri de la poussière et des corps étrangers ; pesée décimale qui permet de n'employer qu'un nombre relativement faible de poids

et qui dispense des petites subdivisions. Les deux plateaux restent constamment horizontaux et oscillent, le grand très-peu, le petit dix fois plus. Le défaut de l'instrument est la multiplicité des leviers et des couteaux, ce qui exige beaucoup de soin dans la construction et dans l'ajustement. Le principe est facile à comprendre, à l'inspection de la fig. 4, pl. I. Un levier principal est porté par un couteau en M; ses deux bras M L en L M ont 30 millim. et 75 millim. Les deux bouts de ce levier principal sont reliés par des tiges pendantes aux extrémités de deux leviers inférieurs qui oscillent chacun autour de son autre extrémité. Le premier levier F G a 160 millim., le second levier *fg* a 225 millim. Le grand plateau prend appui sur le premier levier en E et sur le petit bras du levier principal en K, tandis que le petit plateau prend appui sur le grand bras du levier principal en K et sur le second levier en *e*. Chacun de ces points d'appui partage le bras sur lequel il se trouve en deux parties dont le rapport est 4, de telle sorte qu'une des parties est le cinquième du bras entier. Cette disposition assure le mouvement horizontal des plateaux. Pour que la balance soit bien décimale et que la pesée soit indépendante de la position du corps sur le grand plateau, il faut que les rapports des distances des couteaux soient observés avec la plus grande justesse, car la balance est très-sensible et peut servir à faire des pesées délicates.

Comme balance décimale, mais d'une construction rustique et assez volumineuse, mais pourtant commode, on peut citer la balance-bascule allemande, représentée pl. II, fig. 3. Les deux bras du levier sont dans le rapport de 10 à 1, et le mouvement horizontal d'ailleurs très-faible du plateau où se place l'objet à peser, est garanti par un parallélogramme articulé placé en-dessous. La simplicité de l'instrument qui peut être construit en fonte vernie et son bas prix, ainsi d'ailleurs que sa commodité, lui assurent un certain succès.

Nous arrivons à parler actuellement des balances de précision fort nombreuses dans les différentes sections, et très-belles pour la plupart. Nous citerons d'abord M. Collot, dont l'exposition fort considérable et très-soignée. contenait des balances de tous les genres, depuis le trébuchet qui, chargé de 50 gr. trébuche au demi-milligramme, jusqu'à la balance destinée à peser des ballons et la balance qui sert à la comparaison des kilogrammes-étalons. Les principes de construction sont à peu près les mêmes dans ces divers modèles, dont la figure ci-contre donne une idée. Le fléau porte trois couteaux d'agate- La lecture de l'aiguille se fait au moyen d'une loupe à tige articulée. Les plateaux sont doubles en général et en platine pour les petites balances, tandis qu'ils sont en laiton pour les grandes. Les oscillations sont amorties à l'aide de pinceaux métalliques auxquels on donne un mouvement vertical sous les plateaux, et les subdivisions du gramme s'évaluent au moyen de cavaliers que l'on fait courir sur une tige fixée au fléau. Les plateaux se posent sur leurs couteaux avant que le fléau ne soit posé, ce qui diminue l'amplitude des oscillations et le plan d'agate principal est double et porté par deux colonnes. Dans la grande balance montée sur une armoire et destinée à peser de gros ballons, la porte de la balance ne s'ouvre que pour mettre les gros poids, les autres poids consistent en des cavaliers d'une forme particulière qu'on dépose sur une traverse fixée au fléau. Un système ingénieux permet de manœuvrer du dehors tous ces cavaliers et avec assez de promptitude.

La lecture se fait au moyen d'échelles fixes en ivoire finement divisées devant lesquelles marchent les extrémités du fléau qui sont terminées en pointe.

Nous avons remarqué aussi une balance en aluminium martelé, écroui, très-résistant. Le moment d'inertie du système oscillant se trouvant notablement diminué, les oscillations sont plus rapides, s'éteignent plus vite; en somme, la pesée exige quatre fois moins de temps. Une balance de construction fort ingé-

nieuse, sert à la comparaison des kilogrammes-étalons. Toute l'opération doit avoir lieu sans ouvrir la cage; la manœuvre se fait donc de l'extérieur. Un chariot amène le kilogramme auprès du plateau; une pince le saisit et le dépose sur trois pointes d'ivoire. Un système de leviers, de cordons sans fin, de rails permet d'agir à l'abri des mouvements de l'air qui retarderaient l'équilibre (fig. 2).

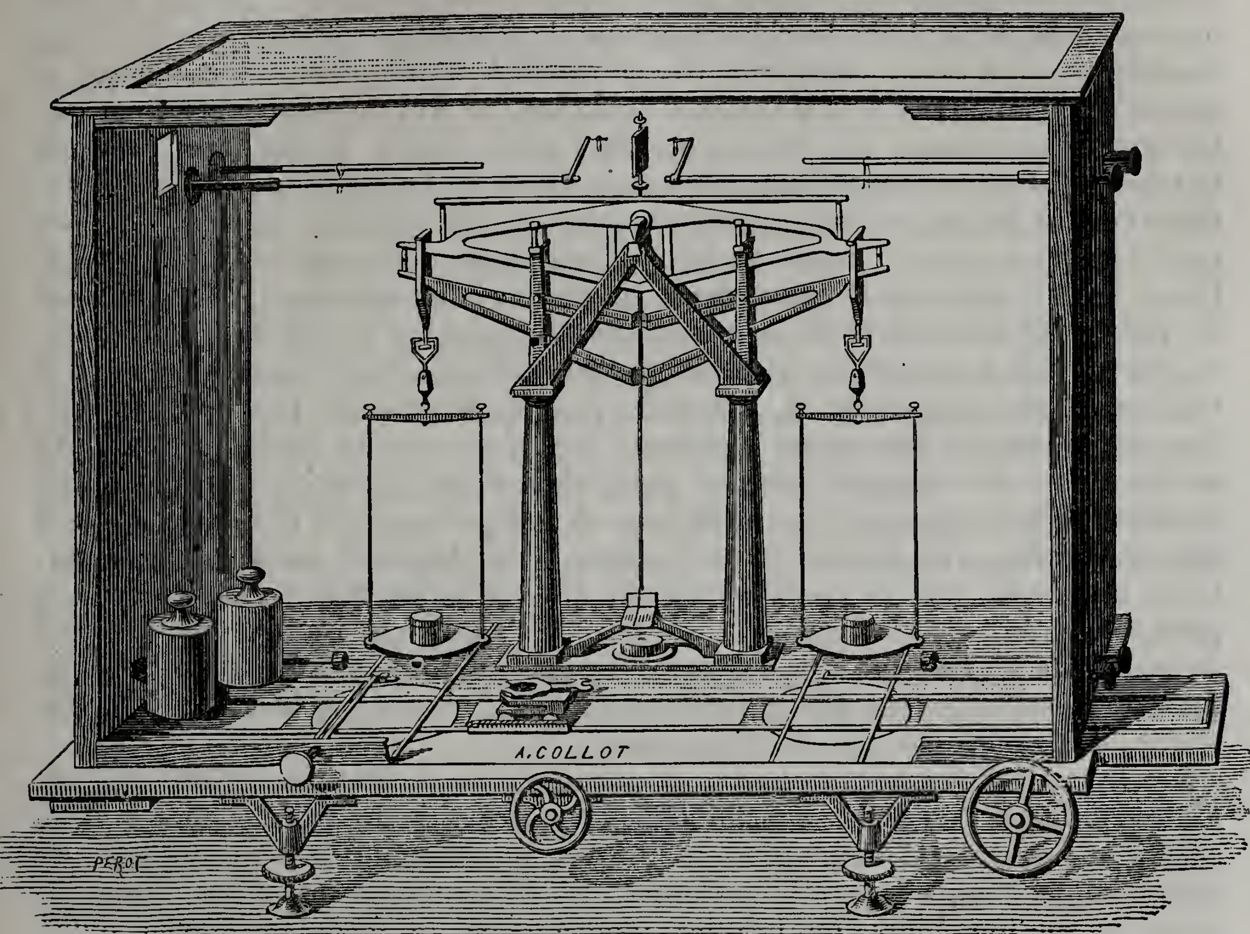


Fig. 2.

M. *Deleuil* jouit aussi d'une grande réputation comme constructeur de balances. Son exposition comprenait des étalons de mesures, entre autres un kilogramme avec cheville en or. Dans ses balances, le couteau principal du fléau est en acier et repose sur un plan d'agate unique qui, par suite, se trouve en porte à faux. Un contrefort le soutient s'il est nécessaire, et dans les balances qui doivent porter une charge un peu forte, le plan d'agate est double et il y a deux supports. Les plateaux sont doubles en général et nickelés.

Dans l'exposition de M. Hardy, on voyait des balances à réflexion sans doute très-précises, mais à coup sûr peu maniables et pas du tout portatives. Le fléau porte en son milieu un prisme à réflexion totale. dans lequel vise une lunette horizontale, soutenue à une distance de deux mètres par un pilier en fonte. Un miroir incliné de 45° renvoie sur le prisme, et par suite sur la lunette l'image d'une échelle divisée qui est placée devant une lampe supportée, elle aussi, par le pilier de fonte. Par suite, l'observateur qui a l'œil à la lunette et qui doit pouvoir commander le fléau, doit le manœuvrer par l'intermédiaire d'une longue tige qui traverse le pilier de fonte et se termine par un bouton moleté. Évidemment les plus faibles mouvements du fléau sont appréciés, mais on voit à quel prix.

Dans la section française, on trouvait encore dans la vitrine de M. Hempel une balance de construction fort soignée. Elle est à mouvements concentriques

et non pas parallèles, et les subdivisions s'estiment par le mouvement d'une aiguille sur le demi-cercle gradué que porte le fléau.

Il y a dans les balances deux choses importantes à considérer et dont on ne se préoccupe pas toujours également : la sensibilité et la rapidité. Ces deux qualités sont presque contradictoires. On sait que la sensibilité exige que les bras du levier soient longs, que le fléau soit léger mais résistant, pour que les arêtes des trois couteaux restent dans le même plan horizontal; et que de plus la sensibilité dépend de la charge, quand la condition précédente n'est pas remplie, ce qui arrive rarement. Or, la rapidité d'une pesée demande que la balance revienne vite à sa position d'équilibre, ce qui ne peut avoir lieu que lorsque les oscillations du système oscillant sont rapides. Il faut pour cela que le moment d'inertie soit faible, puisque la durée de l'oscillation varie sensiblement comme la racine carrée de ce moment, et par suite que la charge ne soit pas trop loin du point d'appui, de là, l'obligation de raccourcir les bras du fléau. On se trouve donc placé entre deux conditions contradictoires, et si l'on veut de plus avoir une sensibilité indépendante de la charge et une balance rapide, on est conduit à adopter les dispositions suivantes, réalisées dans les balances si habilement construites par M. Salleron, pour M. Mendéleef. Le fléau, qui doit être léger, sera en aluminium fortement écroui et aura la forme qui convient au maximum de résistance pour un poids donné, car il importe que la position relative des trois couteaux soit invariable et indépendante de la charge. Celle-ci sera constante, c'est-à-dire qu'on laissera invariablement dans l'un des plateaux et comme tare le poids maximum dont la balance doit être chargée et pour lequel on aura déterminé la position de l'écrou qui règle le déplacement du centre de gravité. Cet écrou devra être placé de manière à obtenir le maximum de sensibilité sans que la balance soit folle, et comme la charge est constante, il n'y aura pas lieu de le déplacer.

Les bras du fléau seront courts, et par suite les oscillations seront rapides. Cette condition diminue la sensibilité, c'est-à-dire diminue l'angle dont le fléau s'incline; par suite, l'observation au moyen de l'aiguille devient difficile. De plus, comme l'emploi des milligrammes est une source de difficultés, d'incertitudes ou de longueurs, on lira les mouvements du fléau au moyen d'une lunette qui vise une plaque graduée, portée à l'extrémité de l'un des bras, et l'on aura évalué une fois pour toutes le nombre de divisions répondant à un milligramme. De la sorte, la lecture est facile et certaine, on évite les erreurs de parallaxe si faciles à commettre quand on se déplace par rapport à l'aiguille et l'on bannit l'emploi des trop petits poids si difficiles à manier. Il s'agit pourtant encore de diminuer les pertes de temps résultant des oscillations du fléau ; deux moyens restent à indiquer, le premier consiste dans l'emploi des pinceaux flexibles qu'on peut faire monter sous les plateaux pour en limiter la course ; le second consiste à relever ou à déposer le fléau de manière à ce qu'il oscille le moins possible. Pour cela, il paraîtra avantageux de laisser constamment en place les plans d'agate qui soutiennent les plateaux, les dangers d'usure par portage étant compensés, et au-delà, par la rapidité des opérations. On se bornera alors à soulever le fléau pour modifier la charge du plateau opposé à celui qui reste invariablement chargé de la tare, et pour ne pas donner au fléau une série de chocs qui augmentent la durée des oscillations, on emploiera avantageusement le levier à mouvements concentriques.

Ces principes, on le voit, sont loin d'être généralement appliqués dans leur ensemble; aussi une pesée bien faite est une opération fort longue et très-délicate avec la plupart des balances employées actuellement, quelque bien construites qu'on les suppose.

Après avoir parcouru la section française qui nous a suggéré les remarques

qu'on vient de lire, pénétrons dans les sections étrangères. Nous y trouverons de fort belles balances. M. Sacré, de Bruxelles, a une réputation bien établie comme constructeur de balances. Il exposait une balance construite entièrement en aluminium et destinée à la comparaison des étalons. Elle accuse le quarantième de milligramme. Une aiguille marchant sur un cercle divisé, fixé au fléau donne les milligrammes, elle se manœuvre de l'extérieur. Une lame d'ivoire divisée est portée à l'un des bouts du fléau, un microscope sert à faire la lecture. La porte de la balance ne devant pas s'ouvrir, toutes les manœuvres se font de l'extérieur, une fois qu'on y a introduit le corps à peser. Un chariot marchant sur deux rails et guidé par un cordon sans fin qui passe sous la balance, sert à porter le kilogramme. La glace qui ferme la cage par devant est percée de quatre trous munis de garnitures en laiton formant coquilles. Des tiges à boules y sont maintenues et peuvent dans cette sorte de genou prendre toutes les positions qu'on désire. Elles permettent de saisir le poids, de le déposer sur le plateau ou de le remettre en place. Outre cette balance de précision, M. Sacré exposait aussi une balance d'analyse, qui chargée de 100 grammes dans chaque plateau accuse le cinquantième de milligramme, et un petit trébuchet destiné à peser l'or. Chargé de 5 grammes dans chaque plateau, il accuse les deux centièmes de milligramme. Les opérations de la pesée se font encore sans ouvrir la cage, grâce à deux tiges qui traversent la glace de devant.

L'exposition autrichienne contenait aussi de fort belles balances construites par M. Ruprecht. Plus d'aiguille verticale au fléau, les deux extrémités portent des aiguilles qui se meuvent devant les lames d'ivoire.

En Danemarck, M. Jurgensen, exposait une très-belle balance de grandes dimensions, destinée à la comparaison des étalons. Avec 1 kilogramme dans chaque plateau, elle accuse le vingtième de milligramme. Huit tiges à boules, qui traversent la cage, servent à faire les manœuvres sans ouvrir la porte; deux niveaux rectangulaires assurent l'horizontalité. La lecture se fait au moyen d'une lunette pointée sur un disque d'ivoire gradué, devant lequel oscille l'aiguille qui termine le fléau. Le couteau central est en acier, et porte sur un plan d'agate. Les fractions du gramme se posent au moyen de cavaliers qu'on manœuvre à l'aide d'une tige qui traverse une des parois de la cage.

M. Erler, dans la section russe, avait un beau trébuchet pour l'or et l'exposition italienne contenait aussi deux balances assez soignées.

Enfin dans la section hongroise, M. Karolyi, exposait une balance destinée à obtenir le poids d'un corps dans le vide, grâce à l'emploi de la machine pneumatique à mercure de M. Jolly. Cette balance d'apparence singulière est préservée par une enveloppe en toile; elle est toute en fer, supportée par quatre vis calantes; un engrenage conique avec une manivelle permet de soulever ou d'abaisser le fléau. La lecture se fait au moyen d'une lunette placée en avant et qui vise sur deux prismes à réflexion totale montés sur le fléau; on voit de la sorte simultanément deux échelles graduées verticales placées au loin, l'une à droite, l'autre à gauche. Le kilogramme dont on veut avoir le poids dans le vide peut se placer dans un flacon en verre formé de deux morceaux rodés qui s'appliquent l'un sur l'autre quand on a introduit le kilogramme. La partie supérieure porte un robinet en verre et peut être reliée à la machine pneumatique à mercure. On fait la tare du flacon vide d'air, puis on recommence après avoir introduit le kilogramme et avoir fait le vide; la poussée de l'air sur l'appareil étant la même dans les deux expériences, la différence de poids représente le poids absolu du kilogramme en supposant bien entendu que le vide ait été complétement fait.

5. **Chronographes.** — Nous n'avons aperçu qu'un petit nombre de chronogra-

phes à la classe 15. Signalons d'abord le chronographe Liais, si habilement construit par M. Deschiens. M. Liais est un des premiers inventeurs qui se soient occupés de l'horlogerie électrique, et l'instrument qu'exposait M. Deschiens est semblable à celui qui sert à enregistrer les phénomènes astronomiques à l'Observatoire de Rio de Janeiro. Il serait impossible d'en faire connaître la construction détaillée sans employer de nombreuses figures, et ce n'est pas ici le lieu. Qu'il nous suffise de dire que le chronographe proprement dit se compose d'un plateau circulaire horizontal, sur lequel se trouve le papier destiné à l'enregistrement. Un stylet vertical y trace une spire par suite du mouvement de rotation du plateau et du déplacement du style suivant le rayon. Le tracé est continu, sauf des crochets qui indiquent le commencement de la seconde et une interruption qui indique l'origine de la minute. Un fort mouvement d'horlogerie donne le mouvement circulaire au plateau et le mouvement rectiligne au style. L'inscription de la seconde ou le crochet de la spirale est déterminé par le pendule régulateur, à demi seconde et à compensation de mercure qui établit un contact électrique à chaque seconde et envoie le courant dans l'électro-aimant du style. Un second style commandé par le tope de l'observateur marche à côté du premier et trace aussi un trait continu dont les crochets indiqueront le commencement et la fin d'un phénomène qui, par suite, se trouve déterminé par la comparaison avec le tracé du pendule du régulateur. Dans ce système, le pendule n'est en relation qu'avec un échappement libre qu'il touche à son passage par la verticale. Il met alors en liberté un levier sollicité par un poids moteur et qui agit comme force rigoureusement constante, à chaque oscillation double, pour entretenir le mouvement du pendule. Comme cet effet se produit au moment du passage par la verticale, l'isochronisme des oscillations n'est pas altéré. L'appareil peut au besoin être placé sous une cloche contenant de l'hydrogène pour éviter l'oxydation des pièces qui le composent. Ce régulateur commande, non-seulement le chronographe, mais encore un compteur horaire à seconde qui permet de lire sur un cadran, l'heure, la minute et la seconde. En somme l'appareil est fort ingénieux, mais fort compliqué, en raison de tous les petits détails qui concourent à lui donner une précision extrême. Il est construit avec un très-grand soin par M. Deschiens dont la réputation comme constructeur habile n'est plus à faire.

M. Bréguet exposait le chronographe à 3 plumes, beaucoup plus simple et qui inscrit ses indications sur une bande semblable à celle du télégraphe Morse avec lequel l'appareil présente une certaine ressemblance extérieure. L'une des plumes obéit à l'observateur qui peut ainsi inscrire le commencement et la fin du phénomène dont les indications fournies par l'horloge astronomique à rhéotome permettent d'apprécier la durée. Ce serait ici le lieu de parler des appareils construits avec tant d'habileté par M. Bréguet sur les indications de MM. Marey, etc., et qui servent plus spécialement à enregistrer la durée des phénomènes physiologiques. Une plume bien plus autorisée que la nôtre doit traiter cette question que nous abandonnons bien volontiers à un expérimentateur habile qui fait constamment usage de ces instruments si délicats et si précis.

Si nous passons à l'exposition de M. Hardy, nous y trouvons le chronographe Martin de Brettes, destiné aux observations balistiques. Cet instrument figurait déjà à l'Exposition de 1867, et nous l'avons décrit dans l'*Etude* publiée à cette époque, nous n'y reviendrons donc pas. Ajoutons que M. Hardy construit également le chronographe du colonel Strange, destiné à la détermination des longitudes. Un rouage mû par un poids, fait tourner un gros cylindre d'un mouvement uniforme, résultat obtenu à l'aide du régulateur isochrone de Foucault. Des pointes montées sur un chariot à galets, se déplacent peu à peu suivant une génératrice du cylindre et tracent alors sur sa surface des hélices. L'une de

ces pointes est en relation avec le pendule astronomique et marque les secondes sur une feuille de papier enroulée autour du cylindre, tandis que l'autre pointe marque l'instant précis d'un phénomène astronomique observé même à une grande distance de l'instrument. Cette disposition, comme on le voit, présente une très-grande analogie avec le chronographe de Bond, qu'on pouvait voir en 1867 à la section américaine de l'Exposition.

Nous ne pouvons pas terminer l'étude des chronographes, sans parler de M. Hipp de Neufchâtel. Dans la section suisse, M. Hipp exposait un chronographe à plumes, analogue à celui qui se trouvait dans la section française chez M. Bréguet et à l'exposition du Dépôt de la guerre. L'estimation de la fraction de seconde sur la bande déployée, se fait au moyen d'un appareil de mesure spécial, et quant au pendule régulateur, il se compose d'un pendule à seconde muni vers le milieu de la longueur d'une palette à contact de platine. Chaque fois que le pendule passe par la verticale, la palette passe en frottant sur une pièce fixée à la cage du pendule et nommée la détente. Quand l'amplitude de l'oscillation du pendule a notablement diminué, la palette n'a plus la force de passer librement sur la détente, elle s'engage dans une encoche et ne peut finalement se dégager, que lorsque la détente qui est montée sur un ressort, s'est suffisamment abaissée. Ce mouvement de la détente amène la fermeture du courant d'une pile qui circule dans un électro-aimant placé au-dessous du pendule. Comme le pendule est terminé par une pièce en fer, il en résulte une attraction qui lui restitue une partie de l'énergie qu'il avait perdue et permet la continuation du mouvement oscillatoire. Le nom de M. Hipp est depuis très-longtemps lié à l'horlogerie électrique qui lui doit de nombreux perfectionnements.

IV. — PNEUMATIQUE.

Sous ce titre, nous réunissons ce qui concerne l'étude des gaz et de la pression atmosphérique, et par conséquent, les baromètres et les machines pneumatiques. Ces instruments se sont beaucoup multipliés, et bien que nous n'ayons pas à signaler de modifications très-importantes dans leur construction ou leurs principes, nous aurons pourtant quelques remarques intéressantes à faire, sans empiéter sur le terrain de la météorologie qui ne nous appartient pas. Les baromètres enregistreurs et les météorographes se voyaient dans un assez grand nombre de sections, mais ils appartiennent à la météorologie. Quant aux appareils d'observation, nous parlerons d'abord des baromètres à mercure.

1. *Baromètres à mercure.* — Dans la section française, beaucoup de constructeurs exposaient des baromètres à mercure plus ou moins soignés, par exemple MM. Tonnelot, Eon, etc. M. Alvergniat exposait un beau baromètre normal à gros tube ; l'échelle en laiton est terminée par une pointe d'ivoire, un piston plongeur fait varier le niveau. A côté se trouvait un grand baromètre Fortin, divisé sur argent.

On sait quels inconvénients et quelles incertitudes, relativement à la capillarité, présente le baromètre Fortin ; aussi a-t-on cherché à perfectionner le baromètre à siphon qui a bien lui aussi ses inconvénients. Il est possible sous certaines conditions, de faire en sorte que ces indications ne soient pas influencées par les variations de la température ; on se trouve, par suite, débarrassé de la nécessité de ramener la hauteur mercurielle à zéro. M. Redier, dans le baromètre à siphon qu'il a construit pour l'Observatoire de Montsouris, a évité presque complétement l'influence des variations thermométriques en donnant

aux deux branches du siphon, un même diamètre dans toute leur longueur. M. Goulier, dans une note présentée à l'Académie des sciences, s'est occupé de cette question et a donné la condition pour que l'influence de la température sur le niveau du mercure dans la courte branche soit insignifiante.

Dans la section russe, M. Kraevitch, exposait un nouveau baromètre à siphon portatif assez ingénieux, bien qu'un peu fragile. Les principaux défauts du baromètre à mercure sont le vide incomplet et la capillarité dont la valeur, grâce à la variation de la hauteur du ménisque, ne peut pas être calculée aussi exactement qu'il serait à désirer. Le premier de ces défauts ne peut pas être regardé comme essentiellement grave, car on peut toujours au moyen d'expériences préalables, déterminer la pression du gaz contenu dans la chambre. Il est vrai que, pour bien faire, il faut tenir compte à chaque instant de la température qui en modifie la force élastique, ce qui est pénible à coup sûr, sinon très-incertain, et le mieux serait d'éviter la présence de l'air. Quant à la variation de hauteur du ménisque, elle dépend de la propriété que possède le mercure même très-propre d'adhérer plus ou moins fortement au verre, surtout lorsqu'il a été porté à l'ébullition dans le tube. On évite cet inconvénient en remplissant le tube à froid selon la méthode employée par M. Alvergniat, ou en employant l'obturateur de mercure du professeur Mendéléeff. Par suite, dans les baromètres fixes, on peut être assuré de la mesure précise de la pression atmosphérique.

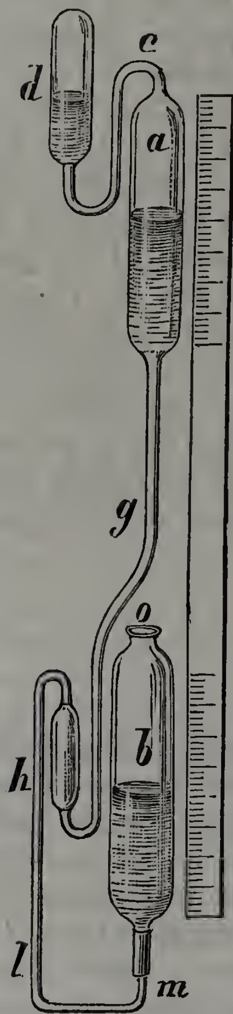


Fig. 3. — Baromètre à mercure portatif.

Quant aux baromètres à mercure portatifs, leur emploi est fort difficile quand on veut obtenir des résultats certains. La disposition adoptée par M. Kraevitch, a pour but d'éviter l'influence de l'air accumulé dans la chambre barométrique. La figure 3 donne une idée de la construction de l'instrument. Les deux chambres a et b ainsi que les tubes qui les réunissent, sont remplis de mercure pur et sec. La chambre a communique avec la chambre d par un tube capillaire. Si l'on incline le baromètre, le mercure de la chambre b coule dans la chambre a et en chasse l'air qui, par le tube c passe dans la chambre d et ne peut retourner dans la chambre barométrique a. On répète cette opération toutes les fois qu'on soupçonne la présence de l'air dans la chambre a. Le réservoir h est destiné à faciliter l'emplissage du tube, ce qui se fait à froid. En renversant le tube, l'air s'y accumule et on le fait sortir ensuite par l'orifice o. En m est un tube en caoutchouc qui sert à raccorder les deux parties de l'instrument et qu'on peut fermer par une pince. En répétant plusieurs fois l'inclinaison du tube ou son retournement, on parviendra à éloigner presque complétement l'air de la chambre barométrique a. Le transport de l'instrument se fait facilement en le renversant et en serrant la pince qui étrangle le tube de caoutchouc. Avec des tubes de verre suffisamment solides il n'y a pas à craindre que l'appareil se brise malgré la grande quantité de mercure.

Le baromètre Bohn, que nous n'avons pas vu à l'Exposition, résout le même problème : débarrasser la chambre barométrique de toute trace d'air; seulement c'est un instrument de laboratoire et non pas un baromètre portatif, de plus, il est muni de deux robinets de verre, dont l'un doit pouvoir tenir le vide, ce qui exige une construction soignée.

2°. *Baromètres anéroïdes.* — On sait que l'emploi de ce genre de baromètres a pris une extension considérable, aussi trouvons-nous dans la section française un nombre considérable de fabricants qui exposaient des baromètres anéroïdes. L'œil était d'autant plus frappé qu'on avait pris soin de les placer tous dans la même travée, aussi voyait-on successivement MM. Perillat, Arrouit, Reclus, Hue, etc. Presque partout c'est le baromètre à boîte cannelé qui est adopté avec peu ou point de modifications.

M. Clerget exposait le baromètre Tremeschini, perfectionnement du baromètre Vidi. On sait que les inconvénients de ces instruments consistent dans l'appareil de transmission, râteau, chaîne, ressort, et dans l'influence de la température sur les indications de l'anéroïde. Au sujet du mécanisme, Vidi lui-même disait : en fait d'engrenage, on se trouve placé entre deux défauts opposés, une liberté trop grande ou un serrage trop fort qui peut accroître considérablement le frottement inévitable résultant de l'action des pièces. Le ressort spiral que Vidi adopta pour compenser ces frottements ne résout pas complétement la question. Quant à la chaîne, le frottement des goupilles doit la faire condamner. Comment donc remplacer ce mécanisme ? M. Tremeschini propose l'emploi d'un levier à fourche qui, sous l'action immédiate du fléau tendeur du vase pneumatique, commande l'axe de l'aiguille dans lequel sont creusés deux sillons divergents de forme triangulaire.

Quant à l'influence de la température, Vidi avait conseillé de l'annuler en laissant dans le vase pneumatique une quantité d'air capable de faire équilibre aux modifications de surface de ce vase, occasionnées par des modifications équivalentes de température, mais, malgré cela, l'anéroïde fait presque toujours thermomètre. Le soin avec lequel sont construits les instruments de M. Tremeschini, élimine complétement la nécessité d'une correction thermométrique ainsi qu'il résulte d'expériences comparatives faites à l'Observatoire de Montsouris.

Dans la section suisse se trouvaient les baromètres anéroïdes Hottinger, dans lesquels la déformation du vase pneumatique est observée au moyen d'un microscope, ce qui supprime l'obligation d'amplifier le mouvement. M. Hipp a aussi imaginé d'appliquer l'enregistrement électrique aux baromètres anéroïdes et M. le Dr Hirsch, à la suite d'expériences nombreuses, conclut qu'en contrôlant chaque jour l'anéroïde enregistreur par trois observations barométriques les résultats fournis par ces instruments sont parfaitement comparables aux observations directes du baromètre.

Parmi les constructeurs de baromètres à tubes ou baromètres Bourdon, il convient de citer MM. Richard, fils du constructeur auquel est dû le manomètre tubulaire à colonne multiple qui eut un moment de succès. M. Richard a perfectionné le manomètre Bourdon en plaçant à l'intérieur une lame d'acier trempé à laquelle il a donné le nom de compensateur, pour obvier à la fatigue qu'éprouvait le tube de cuivre au bout de quelques années. Ce tube tendait à se refermer bien qu'il eût été fortement récroui. Pour construire ces baromètres, M. Richard a imaginé une machine pneumatique à cascade, que nous avons décrite en 1867 et qui est fort bien combinée.

3°. *Machines pneumatiques.* — Les machines pneumatiques à pistons étaient fort peu nombreuses à l'Exposition. Nous avons remarqué la machine Delenil, à piston libre, déjà exposée en 1867, et décrite dans notre *Étude*. Le même fabricant avait aussi une belle machine à deux corps de pompe et à mouvement alternatif. Signalons aussi la machine Carré qui sert à faire la glace et qui par l'adjonction d'une platine constitue une véritable machine pneumatique et d'autant meilleure qu'elle n'a pas d'espace nuisible.

Quant aux machines à mercure, on trouve au premier rang, M. Alvergniat qui exposait, outre sa machine à mercure, une trompe à mercure et une trompe double à eau, modèle de M. Würtz, qui permet de faire le vide en 5 minutes dans une cloche de 10 litres. En Hongrie M. Jolly, exposait une machine pneumatique à mercure, analogue à celle de M. Alvergniat. Le châssis est en fer, ainsi que les deux réservoirs à mercure qui sont reliés par un tube de caoutchouc. Un treuil et une courroie donnent le mouvement au réservoir mobile.

V. — ACOUSTIQUE.

A l'Exposition de 1867, l'acoustique était représentée d'une façon tout à fait éclatante par M. König; des considérations étrangères à la science, une susceptibilité que l'on peut justifier à certains points de vue, ont empêché cet habile constructeur de paraître au Champ-de-Mars, et c'est grand dommage. Pour nous qui ne sommes pas enchaînés par les mêmes raisons, nous parlerons de M. König comme s'il avait exposé, et nous ferons connaître quelques-uns des appareils qui auraient figuré dans sa vitrine. Aussi est-il juste quand on parle acoustique, de commencer par celui qui a contribué à lui donner, en France, un éclat qu'elle n'avait pas même du temps de Savart. Depuis la dernière Exposition, beaucoup d'appareils d'acoustique ont été perfectionnés ou modifiés par M. König, sans qu'il se soit introduit pour cela des modifications importantes dans la fabrication. Nous avons pourtant à signaler un diapason étalon qui donne un son dont le nombre de vibrations est connu d'une manière absolue. M. König a entrepris l'étude des sons résultants et refuté victorieusement l'opinion de M. Helmholtz, qui refusait d'attribuer une origine commune aux battements et aux sons qui résultent de la coexistence des deux sons donnés. En employant des diapasons dont le poids atteignait jusqu'à 25 kilogrammes et qui pouvaient s'accorder au moyen de curseurs, il a établi d'une manière certaine que les battements sont les restes de division de l'intervalle formé par les deux sons, et que les sons résultants ont pour origine les battements. Ce n'est qu'au prix de nombreuses expériences et grâce à la construction d'un grand nombre d'appareils que M. König a pu confirmer l'hypothèse de Young que M. Helmholtz cherchait à ébranler.

Sans quitter tout à fait cet ordre d'idées, nous sommes conduits à parler des diapasons à mercure que nous avons entendus chez M. König. Ces instruments sont destinés à produire des sons à peu près simples et dont on puisse à volonté faire varier le nombre de vibrations et la phase. L'un d'eux est un gros diapason d'acier dont le mouvement est entretenu au moyen d'un électro-aimant commandé par un grand élément au bichromate de potasse. Une pointe qui butte contre une plaque sert d'interrupteur. Le second diapason est foré dans ses deux branches et dans la partie qui les réunit. Le canal ainsi obtenu contient du mercure que l'on peut refouler au moyen d'un piston placé sur la face antérieure du diapason; de la sorte, on augmente la charge à la pointe des fourchettes et l'on abaisse le son. Les changements de son peuvent aisément se constater en faisant vibrer les deux diapasons, car l'intervalle, d'abord nul, peut notablement augmenter en faisant mouvoir le piston. On entend distinctement les battements que l'on peut compter.

Maintenant que nous avons parlé de M. König, et donné des éloges mérités à ses instruments qui ne figuraient pas à l'Exposition, il est juste de signaler les quelques instruments d'acoustique qui se trouvaient au Champ-de-Mars. M. V. Lefebvre exposait une sirène simple à quatre rangées de trous, que l'on

peut ouvrir à volonté ou fermer au moyen de tiges comme dans la sirène de M. Helmholtz. M. Lancelot avait une exposition d'acoustique plus complète. A sa vitrine, on voyait des diapasons avec résonnateurs, des tuyaux à flamme avec miroir tournant, un banc de plaques, une sirène, un diapason à électro-aimant, un cylindre à inscription. Tous ces instruments présentaient la même disposition que ceux qui sortent des ateliers de M. König. Autant qu'on pouvait juger, ils semblaient beaucoup moins soignés.

En Hongrie, M. Gorög, exposait quelques instruments d'acoustique, dont la construction laissait à désirer. Un tuyau à flammes présentait pourtant une disposition qui nous a paru avantageuse : la capsule manométrique peut glisser dans une coulisse, ce qui permet d'en changer la position, et par suite, d'étudier le mouvement de l'air, en divers points du tuyau.

En Russie, M. Schwedoff, qui exposait des télémètres, avait aussi exposé un monocorde à mouvement continu : pour bien montrer la division de la corde vibrante. Il ne diffère du monocorde à table noire de Sauveur qu'en ce que l'un des bouts de la corde est tenu par une palette qui est alternativement attirée par un électro-aimant. L'autre bout de la corde est enroulé sur une cheville qui permet de faire varier la tension.

Nous ne pouvons quitter le chapitre de l'acoustique, sans mentionner les téléphones, microphones et phonographes qui se trouvaient à l'Exposition. Les deux premiers instruments appartiennent à l'électricité ; le phonographe est du domaine exclusif de l'acoustique. Cet instrument est trop connu pour que nous nous attardions à donner sa description que tous les journaux, illustrés ou non, ont reproduite à l'envi. Disons que c'est un instrument bien délicat qui exige un réglage extrêmement minutieux, et qui en dehors des conditions rigoureusement remplies et bien strictement observées, ne donne rien de bon. M. Hardy a le privilége exclusif de la construction de ces instruments, il en avait donc mis à son exposition, et parfois, l'un de ses employés le faisait fonctionner.

VI. CHALEUR.

Les usages et les applications de la chaleur sont d'une importance telle, que l'industrie presque toute entière est tributaire de cette partie de la physique. Un des côtés importants de la question nous échappera donc complétement, comme se rattachant à des études spéciales, et nous ne retiendrons ici que ce qui a trait spécialement au laboratoire du physicien ou du chimiste. On peut, en effet, examiner tout d'abord les appareils producteurs de la chaleur ou du froid; secondement, les appareils de mesure ; enfin, ceux qui permettent d'étudier l'effet produit sur les corps par l'action de la chaleur. Nous suivrons donc cette division, en recherchant les appareils qui se rattachent à l'une ou l'autre de ces catégories, soit qu'ils aient paru au Champ-de-Mars, soit qu'ils n'y aient pas été présentés.

1. *Sources, thermométrie.* — Pour le physicien et le chimiste, la production rapide et facile d'une chaleur d'un degré déterminé et constant est souvent d'une nécessité absolue. Le gaz, dont l'usage se répand de plus en plus, offre des facilités de tout genre et entre les mains habiles de M. Wiesnegg les appareils producteurs de la chaleur ont reçu des formes variées et appropriées aux divers besoins des laboratoires. C'est à la classe 7 et à la classe 8, qu'il fallait chercher les appareils de M. Wiesnegg, mais, en réalité, on ne peut faire de physique ou de chimie sans eux, et nous les rattachons aux appareils de la

classe 15, qu'ils complètent. Nous ne pouvons ici passer en revue les dispositions diverses imaginées pour la production des températures élevées et les appareils à température constante de MM. d'Arsonval, Schlœsing, etc., construits également par M. Wiesnegg; beaucoup de ces appareils sont d'ailleurs d'un usage courant.

S'il est assez facile d'obtenir de hautes températures, et dans ce cas, le chalumeau oxhydrique, les appareils Schlœsing, Perrot, Forquignon et Leclerc, construits par M. Wiesnegg, donnent toute satisfaction, il est moins commode de se procurer des températures très-basses. Les mélanges réfrigérants, ou bien sont fort coûteux, ou bien exigent l'emploi de la glace, que l'on n'a pas toujours sous la main; aussi, ne peut-on le plus souvent obtenir de températures inférieures à 20 degrés. L'emploi du chlorure de méthyle et l'appareil de M. Vincent permettent de reculer notablement cette limite, et d'opérer commodément sur des masses assez considérables. L'évaporation du chlorure de méthyle produit facilement un refroidissement de 23 degrés au-dessous de zéro et si l'on y ajoute l'action de la machine pneumatique, on atteint aisément 50 et même 55 degrés. Le chlorure de méthyle, s'expédie dans des cylindres métalliques, épais, munis de robinets. Pour s'en servir on fait écouler le liquide A dans un vase en cuivre à double enveloppe garni de feutre E, c'est le frigorifère (fig. 4). Un bain incongelable d'alcool M, peut recevoir les corps que l'on veut soumettre à de basses températures et l'on peut ainsi pendant plusieurs heures refroidir à 23 degrés les corps immergés dans l'alcool. Pour mettre fin à l'expérience, on ferme le robinet B, et s'il reste encore du chlorure de méthyle en A, il est tout prêt pour une autre expérience. L'emploi du chlorure de méthyle, comme agent frigorifique dans les laboratoires, permet de réaliser rapidement et économiquement, un grand nombre d'expériences qui jusqu'ici exigeaient l'emploi de l'acide carbonique solide ou du protoxyde d'azote. Ce frigorifique constitue un excellent condenseur pour un grand nombre de produits organiques très-volatils, qu'on n'arrive à condenser que très-difficilement dans les mélanges réfrigérants usuels.

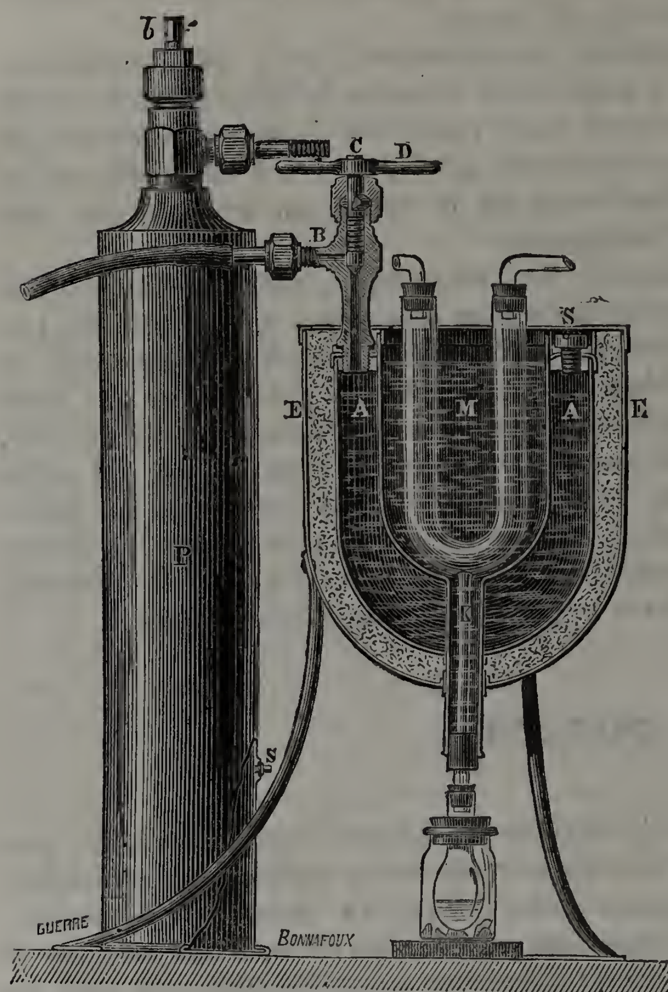


Fig. 4. — Appareil Vincent.

Nous placerons à côté de ces appareils de production de la chaleur à haute et à basse température, un appareil ingénieux destiné à transformer le travail mécanique, et qui, de plus, sert à en mesurer l'équivalent. Cet appareil ingénieux plus ou moins analogue à ceux de M. Joule, se voyait à la section autrichienne. Il est dû au Dr Puluj, et est construit par M. Eiss. L'exécution ne nous a pas paru très-soignée, et pourtant, à en croire l'auteur, une expérience de 50 à 60 secondes

suffit pour donner dans un cours l'équivalent mécanique de la chaleur avec une certaine précision. L'appareil se compose de deux troncs de cônes en fer, dont l'un, le cône extérieur, a environ 5 centimètres de diamètre sur 8 centimètres de hauteur. Il est porté par un axe vertical (pl I, fig. 5), qui peut recevoir un mouvement de rotation assez rapide, au moyen de deux roues et d'une corde sans fin. Un compteur analogue à celui de la sirène de Cagniard, permet de connaître le nombre de tours fait dans un temps donné. Le cône intérieur est creux, et contient du mercure dans lequel plonge un thermomètre très-sensible. La grande base de ce tronc de cône est à la partie supérieure, et elle porte une traverse horizontale qui, ainsi que le cône et le mercure, participerait au mouvement de rotation imprimé au cône extérieur, si les poids placés dans le plateau n'y faisaient obstacle. Un cordon qui passe sur la poulie, relie le plateau à la traverse. Ces poids constituent donc une sorte de frein analogue au frein de Prony, et permettent de calculer le travail dû au frottement. En tenant compte de l'écart angulaire φ de la traverse, ce travail pour un tour serait, d'après l'auteur, $2\pi l(P+s)\cos\varphi$, en représentant par l la longueur de la traverse équilibrée, et par s et P, le poids du plateau et les poids qu'on y ajoute. Pour n tours on aurait, $2n\pi l(P+s)\cos\varphi$. Si t représente la variation thermométrique, c le cône réduit en eau, J l'équivalent mécanique, on aurait d'après l'auteur $J=\dfrac{2nl\pi(P+s)\cos\varphi}{ct}$ et pour l'instrument exposé $J=131{,}6\,\dfrac{0{,}006675\,Pn\cos\varphi}{t}$. Une moyenne de 57 expériences, a donné $J=427,6$.

La mesure des températures avait occasionné la construction d'un assez grand nombre d'instruments, dont quelques-uns sont nouveaux. Citons d'abord l'exposition de M. Baudin, l'habile constructeur de thermomètres de précision dont les instruments, hautement appréciés par M. Berthelot, lui ont servi dans ses belles expériences de thermochimie. M. Baudin exposait une série de trois thermomètres divisés en cinquantièmes de degré, qui portent gravés sur verre le poids de la tige, du mercure et du réservoir. Ces thermomètres qui ont tous le zéro, ont une chambre intermédiaire qui permet de donner une grande étendue aux degrés qui doivent servir. L'observation de la température maximum se fait d'une manière simple et précise avec le thermomètre Negretti, auquel M. Baudin a fait subir une modification importante. Elle consiste en une aiguille de verre soudée au fond du réservoir et qui en occupe l'axe ; elle déborde légèrement dans le canal sans le boucher complétement. Lorsque la température s'élève, le mercure se dilate et monte dans la tige, mais, aussitôt que la température commence à baisser, le mercure se coupe au sommet de l'aiguille, la contraction se faisant seulement sentir sur le mercure du réservoir. Le sommet de la colonne mercurielle indique, de la sorte, la plus haute température à laquelle le thermomètre ait été soumis. En redressant le thermomètre, le poids du mercure suffit à vaincre l'action capillaire et la continuité de la colonne se rétablit. Pour obtenir la température minimum, M. Baudin a imaginé un thermomètre vertical pour lequel il a pris un brevet. Ce thermomètre est spécialement destiné à obtenir la température minimum des lieux inaccessibles, puits, sources, etc. Il contient de l'alcool incolore et est muni d'un index en émail qui a la forme d'un V et d'une pièce qui s'appelle le marteau. Pour mettre l'instrument en expérience, on le retourne. Le marteau, tige cylindrique, chemine librement dans la tige et vient par son poids pousser l'index jusqu'au sommet de la colonne d'alcool. On porte alors le thermomètre redressé dans le milieu dont on veut avoir la température minimum et l'on attend un peu. L'alcool en

se contractant, fait descendre l'index, tandis qu'il passe par-dessus s'il vient à se dilater. On voit que ce thermomètre présente un grand avantage sur celui de Rutherford, car il peut se mettre vertical. L'observation du baromètre pour la détermination des altitudes présente plus d'une difficulté; aussi se sert-on souvent de la température d'ébullition de l'eau. Le thermomètre à olive ou thermomètre hypsométrique est un de ceux que l'on emploie le plus. M. Baudin a eu l'idée de graver à côté de l'échelle centigrade, une échelle des hauteurs qui dispense de tout calcul et qui donne des résultats suffisamment approchés. M. Baudin exposait aussi un baromètre à niveau variable à une seule lecture. Ce qui semble au premier abord un paradoxe se comprend facilement en remarquant que l'instrument est gradué par comparaison avec un bon baromètre étalon, depuis 0 $^{m}/_{m}$ jusqu'à 800$^{m}/_{m}$. Il n'y a plus à faire que la correction de la température. Nous ne signalons pas les thermomètres de toute espèce et de toute couleur que construit si bien M. Baudin. L'aérométrie est encore de son domaine, aussi avait-il exposé un nécessaire densimétrique comprenant 15 aréomètres, un alcoomètre étalon normal avec contrôle par l'échelle des densités, un aréomètre Baumé pour les liquides plus légers que l'eau, et un aréomètre Baumé pour les liquides plus lourds, plus douze aréomètres tronqués de 100 en 100 grammes. Les tiges sont plates et les graduations ont été faites avec un soin extrême.

MM. Richard Danger et Berthault avaient une belle exposition de thermomètres et de mesures divisées sur verre. Quant à M. Tonnelot, son exposition très-remarquable et très-variée comprenait tous les instruments de météorologie, thermomètres, baromètres, hygromètres construits avec le plus grand soin et la plus grande précision. On trouvait encore dans la section française les thermomètres et pyromètres de M. Tremeschini. S'appuyant sur ce fait que les pouvoirs absorbants et émissifs du thermomètre à mercure en modifient les indications, au point qu'on a pu dire qu'un thermomètre à mercure placé dans l'air ne donne pas la température de l'air, M. Tremeschini a cherché à le remplacer par un thermomètre métallique comparable avec lui-même. Avant lui, déjà, de nombreuses tentatives avaient échoué, tant à cause de la forme que de la disposition de l'organe fondamental de l'instrument.

Le thermomètre Tremeschini évite les lames bimétalliques et proscrit les courbes. Il est formé d'une lame d'acier récrouie, laminée, très-dure, que l'on peut du reste remplacer par de l'argent. Pour préserver l'acier de l'oxydation on le recouvre d'une légère couche de platine, et l'on donne à la lame une épaisseur d'un à deux centièmes de millimètre, afin qu'elle atteigne le plus haut degré de sensibilité. Le cadran de l'instrument sur lequel l'aiguille indicatrice marque les températures repose sur un châssis qui mérite une description spéciale. Ce châssis se compose de deux barres parallèles, l'une en acier, l'autre en cuivre, reliées à leurs extrémités par des traverses métalliques. La traverse horizontale supérieure, fixée solidement aux deux barres, les maintient constamment à angle droit avec elle, tandis que la traverse inférieure, arrêtée par des goupilles soigneusement ajustées, permet aux deux autres angles du quadrilatère de se modifier sous l'influence de l'inégal allongement des barres. L'ensemble du châssis constitue, par conséquent, un trapèze rectangulaire dont un des côtés, celui du bas, peut prendre différentes inclinaisons. Ce côté mobile se prolonge au delà du trapèze et la lame impressionnable est fixée à un point de ce prolongement déterminé d'avance par le calcul. Quant au côté opposé, celui du haut, il se termine par un appendice fourchu dont les deux branches contiennent une entaille en forme de M au fond de laquelle repose un couteau mobile. C'est à l'une des faces de ce couteau qu'est accrochée l'autre extrémité de la lame impressionnable. Il résulte de cette disposition que les deux points du

châssis auxquels sont fixés, d'une part, la lame impressionnable, d'autre part, le couteau oscillant, sont à une distance invariable l'un de l'autre, quelle que soit la variation de la température. La dilatation de la lame impressionnable a pour résultat de faire osciller le couteau qui porte à sa partie inférieure un levier. Ce levier transmet le mouvement à l'aiguille indicatrice par l'intermédiaire d'un système qui n'emprunte ni chaîne, ni râteau, ni spirale. Au bas du levier est appliquée une petite pièce en acier qui présente la forme d'un V, dont la section des branches est conique et le sommet du cône tourné vers l'axe de l'aiguille. L'axe est sillonné de deux rainures divergentes et l'angle de ces rainures est en rapport exact avec celui des branches. Enfin, les deux branches se trouvent constamment engagées et maintenues dans les rainures de l'axe, au moyen d'une petite paillette placée également au bas du levier. On voit alors que toutes les fois que le levier subira une impulsion quelconque de la part de la lame impressionnable, son appendice en forme de V transmettra de suite et sans temps perdu ce mouvement à l'axe de l'aiguille, quelle que soit la grandeur et le sens de l'impulsion. Un thermomètre Tremeschini comparé avec un excellent thermomètre à mercure de M. Baudin au bureau météorologique central, pendant trois mois environ, a fourni un écart moyen 0°,4. En somme, cet instrument est d'une grande sensibilité, et indique avec une grande exactitude la marche de la température. Nous souscrivons d'autant mieux à ces conclusions, qu'elles sont signées d'un nom qui fait autorité, celui de M. Mascart, mais nous voudrions bien savoir comment M. Tremeschini les concilie avec l'arrêt absolu qu'il a prononcé relativement au thermomètre à mercure.

Le pyromètre Tremeschini est destiné à combler une lacune; aucun instrument simple et sensible ne pouvant donner pratiquement la mesure des hautes températures. Au lieu de se servir, comme dans la plupart des appareils employés jusqu'ici, de la dilatation des métaux, M. Tremeschini se sert de la radiation calorifique. Une masse de métal est exposée pendant un quart d'heure environ à la température que l'on veut mesurer; elle est logée au fond d'un tube de fer, et, au moyen d'une tige, on peut l'amener devant un orifice au travers duquel elle agit par rayonnement sur la lame impressionnable du thermomètre. L'instrument se trouve ainsi préservé des détériorations qui résultent de l'application des hautes températures. Le cadran est mobile et peut se régler à l'aide d'un bouton.

Dans les sections étrangères nous n'avons presque rien vu qui se rapportât au sujet que nous traitons. En Angleterre, on remarquait pourtant l'exposition de MM. Negretti et Zambra, riche en instruments météorologiques, dont quelques-uns fort ingénieux. On pouvait remarquer un thermomètre donnant la température à une heure convenue. C'est un thermomètre à retournement, il est attaché à une pendule, et quand arrive l'heure de l'observation, l'instrument est renversé et la colonne mercurielle tombe à l'extrémité du tube et demeure invariable, quelles que soient les variations thermométriques ultérieures. Pour cela, il suffit que la tige, au lieu d'être droite, présente une courbure convenable pour que la colonne puisse se couper en un point déterminé. La graduation se fait alors à partir de l'extrémité du tube et par comparaison. M. Cetti, dans la section anglaise, avait exposé de grands thermomètres a liquide noir.

2. *Propagation de la chaleur.* — L'étude et la démonstration des lois de la propagation de la chaleur, semblent avoir trouvé leur dernière expression dans l'appareil de M. Melloni, qu'on voyait dans plusieurs vitrines avec quelques modifications plus ou moins heureuses. Depuis longtemps, le modèle généralement adopté est celui que construit et qu'exposait M. Ruhmkorff Carpentier. Une pile linéaire à chariot destinée à l'étude des radiations des diverses parties

du spectre calorique complétait l'appareil, qui présente quelques imperfections. La lampe Locatelli est d'un emploi incommode, et dans tous les cas il devrait être possible d'employer une autre source de chaleur lumineuse et d'en régler la position par rapport à la pile. Les supports sont un peu faibles et le centrage ainsi que la fixité ne sont pas toujours suffisamment assurés. Le cube est trop petit et la masse d'eau qu'il renferme se refroidit trop vite. La section russe, vitrine Edelberg de Karkow, contenait un appareil Melloni, qu'on eût dit construit à Paris, tant il présentait de ressemblance avec le modèle Ruhmkorff.

M. Ducretet, l'habile constructeur d'instruments de précision, a modifié l'appareil Melloni, ou du moins, il le construit dans des conditions de solidité et de réglage qui nous paraissent bien entendues (fig. 5). Un banc de fonte divisé, assez long, reçoit les supports qui peuvent être fixés et centrés avec précision. La source de chaleur se place en dehors du banc, sur un pied à bascule et à vis de rappel pour amener le faisceau calorifique dans l'axe des appareils en expérience. Une lampe à modérateur avec réflecteur remplace avantageusement la lampe Locatelli, qu'on peut d'ailleurs employer, si on le désire. Le cube présente une face mobile qui permet d'étudier les différents métaux, enfin, les piles thermo-électriques sont montées à crémaillère et isolées pour que le contact de la main ne puisse altérer les observations. Une modification très-simple, et

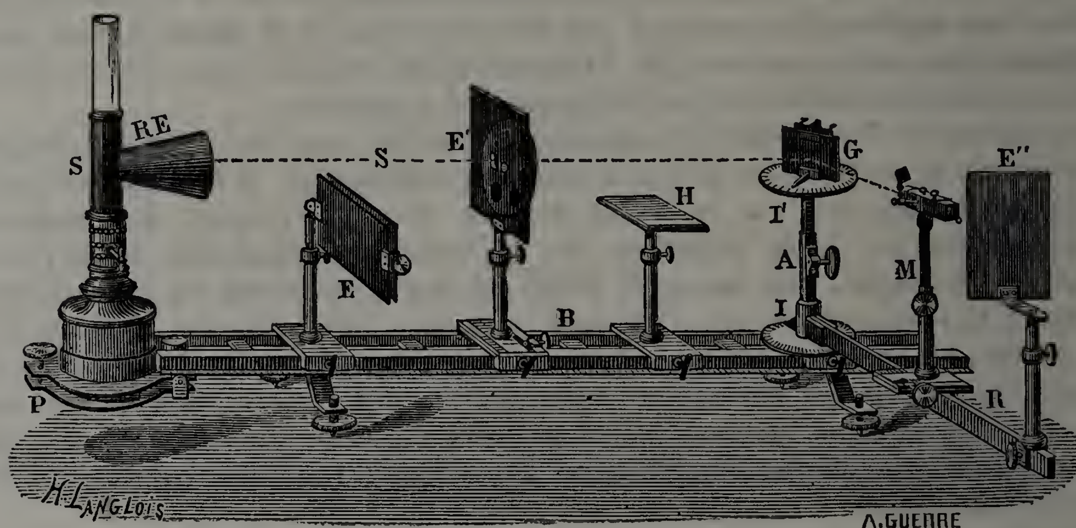


Fig. 5. — Appareil Melloni.

qui nous paraît assez avantageuse, consiste à envelopper la pile d'une boîte en carton remplie d'ouate, afin de la soustraire aux radiations étrangères, poêles, chaleur variable de l'appartement, etc., qui viennent troubler des observations si délicates. Ajoutons qu'au point de vue de la démonstration, le galvanomètre doit être muni d'un miroir et que le trait lumineux envoyé par une lampe garnie d'un tube dans lequel on a pratiqué une fente, se projettera sur un écran en toile transparente, de forme circulaire, placé de telle sorte que l'axe du galvanomètre passe par le centre de la division.

Ce modèle de l'appareil Melloni rendra plus d'un service dans les cours ou dans les laboratoires, si l'on réfléchit qu'un grand nombre d'expériences ou de déterminations, se font avec deux ou trois appareils portés par des pieds mobiles et dont il importe de connaître la distance. Il faudra bien peu de choses pour pouvoir, au moyen du banc et des supports, installer, par exemple, un photomètre Bunsen, démontrer bien mieux qu'avec l'appareil Silberman, les lois de la réflexion ou de la réfraction de la lumière, étudier le déplacement latéral produit sur le rayon lumineux par l'interposition d'une lame transparente à faces parallèles. Les focomètres de Silberman ou de Cornu, n'exigeront que l'addition de

quelques pièces. Enfin, beaucoup d'expériences d'optique se feront avec le même banc, les mêmes supports, sur lesquels on adaptera les appareils spéciaux. Ne serait-ce pas là le moyen d'obtenir économiquement un grand nombre d'instruments et de ne pas s'encombrer de beaucoup de pièces qui remplissent des usages analogues, coûtent cher et prennent de la place.

3. *Changements de volume, d'état.*—Nous avons à signaler ici deux appareils très-remarquables, à des points de vue divers, l'un qui avait déjà paru à l'Exposition de 1867, et dont l'usage se répand de plus en plus, l'autre, d'invention récente, qui est venu combler une lacune scientifique. Nous voulons parler des appareils Carré pour la production de la glace et du vide, et de l'appareil Cailletet pour la liquéfaction des gaz. L'appareil Carré qui s'est introduit dans tous les laboratoires, permet, indépendamment des usages domestiques ou

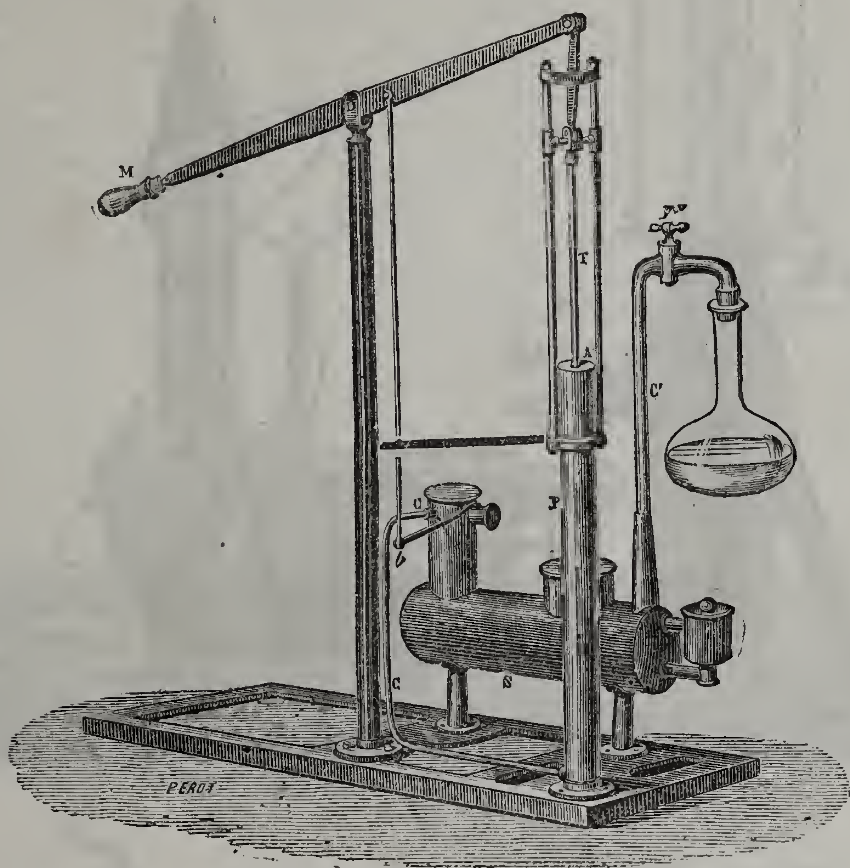


Fig. 6. — Appareil Carré.

industriels, la démonstration d'un certain nombre de principes, qu'il était souvent assez difficile d'établir autrement (fig. 6). En réalité, c'est une machine pneumatique, sans espace nuisible qui peut amener rapidement la pression à un point tel que l'eau entre en ébullition à la température ordinaire, premier principe : la production abondante de vapeur et son absorption par l'acide sulfurique amènent la transformation de l'eau en glace, par suite de l'absorption de la chaleur latente, second principe. Une disposition spéciale permet d'employer l'appareil, soit à la congélation de l'eau, soit à la production du vide sec; il devient, de la sorte, une bonne machine pneumatique. Au Champ-de-Mars, on pouvait encore voir le 20 septembre, une machine Carré qui avait servi le 1er mai, à faire le vide à $1^{m}/_{m}$ sous une cloche, et qui l'avait conservé grâce à un bourrelet de cire fondue qui lutait la cloche. En trois minutes, une carafe descend de 30 degrés à zéro, et la congélation commence dans la minute qui suit.

L'appareil Cailletet a marqué dans la science un progrès plus réel, bien que jusqu'ici les applications ne paraissent pas devoir en être nombreuses. On sait, en effet, qu'il s'agit d'amener à l'état liquide des gaz qui jusqu'alors avaient résisté à toutes les tentatives de liquéfaction. La découverte de ce fait a produit une certaine sensation dans le public le moins porté aux choses scientifiques; tous les journaux ont signalé la découverte presque simultanément faite en France par M. Cailletet, et en Suisse par M. Raoul Pictet. L'appareil de M. Cailletet, construit par M. Ducretet, figurait à la classe 15, il est relativement

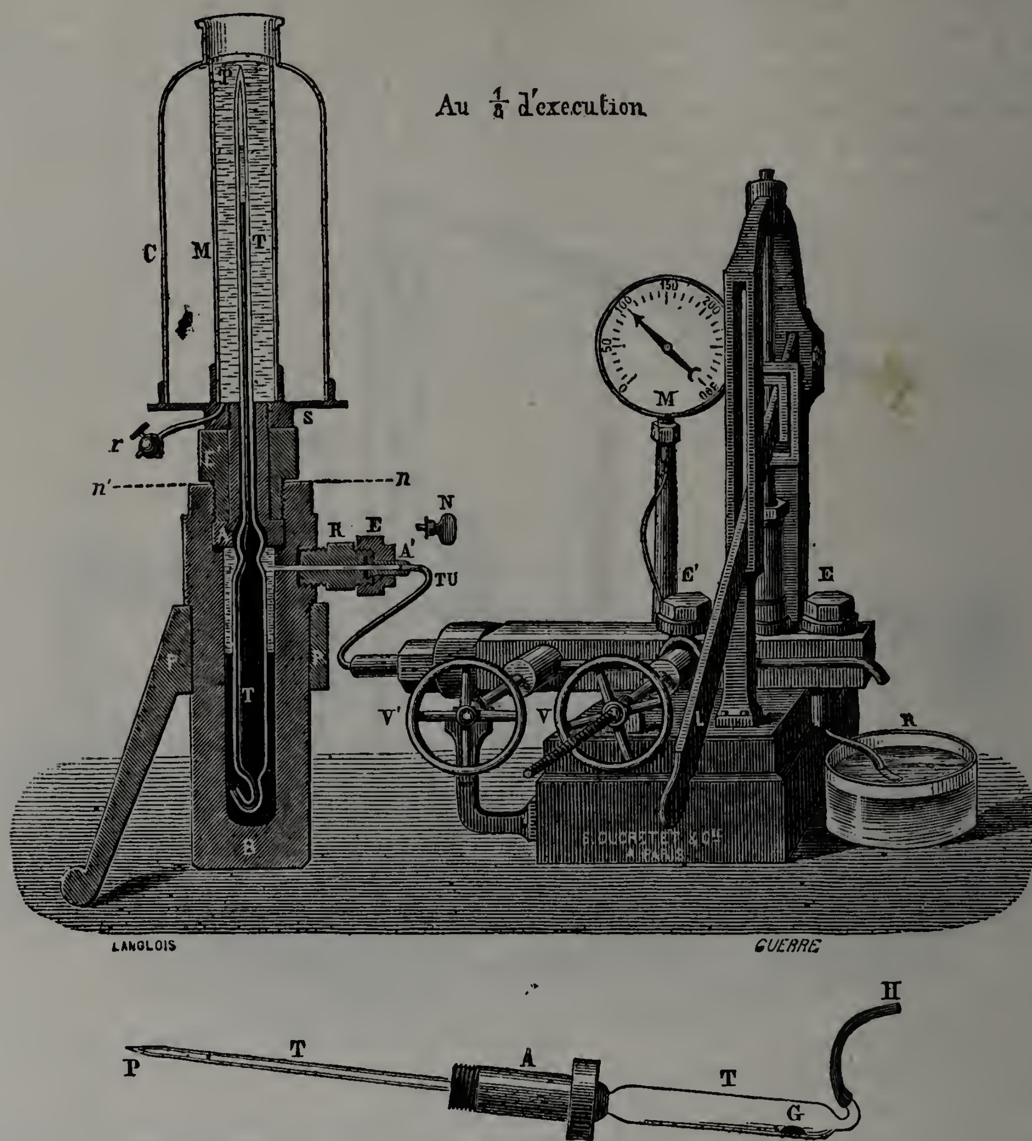


Fig. 7. — Appareil Cailletet.

simple et portatif, c'est un appareil de cours, et l'expérience peut se faire en un clin d'œil et se répéter aussi souvent qu'on voudra, avec l'acide carbonique, par exemple, le plus facile à liquéfier, et même à solidifier sans employer d'eau ou de mélange réfrigérant. L'appareil (fig. 7) se compose d'une pompe hydraulique qui refoule de l'eau dans un réservoir en fer forgé, dont le fond est occupé par du mercure dans lequel débouche l'orifice du tube à gaz. Par le jeu de la pompe, le mercure est foulé dans le tube, et le gaz peut, de la sorte, être porté à plusieurs centaines d'atmosphères. Un manomètre permet de suivre la marche de l'opération. Si après avoir déterminé une pression considérable, on vient desserrer une vis, l'eau s'écoule et la pression descend brusquement d'une manière plus ou moins notable.

Le gaz en se détendant ainsi soudainement se refroidit au point que l'on aperçoit dans le tube soit une rosée, soit même une couche de liquide, ce qui arrive en particulier très-facilement quand on opère avec l'acide carbonique pur et sec. Avec ce gaz, si la décomposition est brusque et notable, on voit même se former une masse neigeuse blanche qui est de l'acide carbonique solide. Le protoxyde d'azote ou l'acide carbonique peuvent servir a démontrer le phénomène que M. Andrews a nommé le point critique. On verse dans le manchon M de l'eau à 35 degrés environ et la liquéfaction devient impossible même à 300 atmosphères. La détente rapide ou lente fait apparaître le liquide qui reprend bientôt l'état gazeux. On peut encore répéter avec l'appareil de M. Cailletet plusieurs expériences intéressantes. Ainsi l'eau du manchon étant à 10 degrés environ et la pression suffisante pour liquéfier tout le gaz, on enlève cette eau et on la remplace par de l'eau à la température de 35 degrés environ. La pompe étant immobile on voit le manomètre monter et le liquide du tube T bouillir rapidement, puis disparaître pour reprendre l'état gazeux que la pression ne modifie plus. Le manomètre marquant environ 150 atmosphères si l'on remplace lentement l'eau tiède par de l'eau froide la température descend au-dessous du point critique, mais le passage de l'état gazeux à l'état liquide a lieu sans qu'on puisse saisir le moment de ce changement. Il y a continuité entre ces deux états, ainsi que l'a observé M. Andrews. Ces expériences montrent le rôle important que joue la température dans les phénomènes de liquéfaction des gaz.

L'appareil de M. Cailletet est, comme on le voit, assez simple ; il permet la compression d'un volume de gaz assez considérable sans danger.

On peut, ou bien suivre à l'œil nu les phases de l'opération, ou bien les projeter au moyen de la lumière oxhydrique, c'est donc à la fois un appareil d'étude et de démonstration.

A côté de ces appareils et pour ne pas laisser dans l'oubli un constructeur ingénieux et habile, citons les appareils de M. Golaz qui a longtemps travaillé sous la direction de M. Regnault et qui a construit tous les appareils avec lesquels il a accompli ses travaux si mémorables. M. Golaz exposait les appareils de M. Regnault pour la mesure des chaleurs spécifiques, pour la mesure classique des tensions de vapeur, la mesure du coefficient de dilatation des gaz, l'étude de la chaleur latente de vaporisation. C'est aussi M. Golaz qui construit le calorimètre de Berthelot, l'eudiomètre Doyère, etc.

VII. — OPTIQUE.

Cette branche de la physique est, peut-on dire, d'origine moderne, car bien que les anciens eussent remarqué les jeux de la lumière et connu les lois géométriques de sa propagation, l'optique nait réellement avec Newton qui étudie la dispersion, avec Dollond qui découvre l'achromatisme et rend possible la construction d'instruments puissants. Une phase nouvelle se produit au commencement de ce siècle à la suite des découvertes d'Arago, Malus et Fresnel, et ouvre une série de recherches qui promet encore des découvertes importantes. La découverte de Daguerre, en créant la photographie, conduit à l'étude des propriétés de diverses radiations lumineuses ; enfin le spectre de Newton, mieux étudié, amène aux travaux si remarquables de Kirchhoff, etc., sur la constitution des corps lumineux. La lunette astronomique à objectif achromatique de Dollond, la polarisation chromatique, la chambre photographique, le spectroscope constituent autant d'étapes glorieuses dans le domaine de l'optique.

Un nombre assez considérable d'instruments se rattache donc à cette partie de la physique, qui était bien représentée au Champ-de-Mars.

1. *Sources de lumière.* — Les appareils d'optique servent non-seulement à l'étude de certains phénomènes, mais encore à la démonstration des lois. De là découle la nécessité d'installer des appareils qui permettent de produire de la lumière et d'en diriger les faisceaux suivant des directions déterminées. Comme source de lumière puissante, commode et économique, il faut citer le soleil; mais tant de causes empêchent d'employer cette lumière qu'il a fallu recourir aux sources artificielles. La lumière électrique tient parmi elles le premier rang, en raison de son intensité et de la possibilité de restreindre la source lumineuse presque à un point; mais d'un autre côté, la dépense et la difficulté de l'installation des appareils limite singulièrement l'emploi de cette source de lumière. Après elle, vient la lumière de Drummond ou lumière oxhydrique, si répandue et qui rend tant de services. Lorsqu'on n'a pas besoin d'une aussi grande clarté, un bon bec de gaz est fort commode et suffit dans bien des cas. Si l'on emploie le soleil, il faut maintenir le rayon lumineux dans une direction constante. Si l'on fait usage d'une lumière artificielle, il faut une lanterne spéciale.

A. *Héliostats.* — Pour faire usage de la lumière solaire, le porte-lumière est fort souvent remplacé par un héliostat, qui donne un rayon de direction fixe, quand on a commencé par régler l'instrument avec soin. M. Duboscq s'est consacré, comme on sait, et d'une manière toute spéciale, à la construction des instruments d'optique. Son exposition était très-variée, et comprenait des instruments d'un fini achevé. Parmi eux se trouvaient l'héliostat de Gambey et celui de Foucault, appareils auxquels on pourrait reprocher un peu de complication. Plus loin, à l'exposition de M. Prazmowski, on pouvait voir au contraire un héliostat réduit pour ainsi dire à sa plus simple expression, et qui, grâce à un miroir auxiliaire fixe fournit un rayon de direction quelconque constante. Au point de vue de la simplicité et de l'économie, cet instrument est préférable aux précédents. Nous n'avons pas aperçu l'héliostat de Silberman, dont la conception est si ingénieuse : les frottements et le jeu des articulations en rendaient l'emploi peu sûr. Dans celui de M. Prazmowski, qui lui ressemble quelque peu, tout cela est supprimé.

B. *Lanternes.* — La nécessité d'employer les sources artificielles a conduit à l'adoption de lanternes plus ou moins compliquées auxquelles ou devant lesquelles on adapte les appareils qui servent aux projections. Trois constructeurs exposaient des appareils de ce genre. M. Molteni, qui construit surtout les appareils destinés à la projection des tableaux et des photographies pour les cours publics ou les conférences, exposait dans la classe 8. Ses appareils sont robustes. M. Duboscq a construit depuis longtemps déjà une lanterne qu'on trouve dans presque tous les laboratoires et qui peut recevoir soit son régulateur, soit le chalumeau oxhydrique, soit un bec de gaz ou une lampe. Elle figurait dans sa vitrine accompagnée de l'appareil qui sert à projeter un grand nombre de phénomènes intéressants qu'il est impossible de montrer à tout un auditoire, et qui souvent se passent dans un plan horizontal. Au lieu de deux appareils distincts, M. Laurent n'en construit qu'un seul qui les réunit. Sa lanterne peut recevoir le régulateur Serrin, le meilleur de tous; de plus, elle permet de régler le point lumineux beaucoup mieux que les autres appareils du même genre. Avec ces appareils, il est commode d'employer des bancs gradués sur lesquels se montent les diverses pièces, écrans, prismes, lentilles qui servent aux démonstrations. MM. Duboscq et Laurent, qui marchent parallèlement dans la construction et

l'invention de la plupart des appareils d'optique, et qui rivalisent de soins et d'intelligence pour les disposer en les perfectionnant, exposaient chacun un banc d'optique. Tout naturellement, ces appareils se ressemblent beaucoup, comme la plupart de ceux qu'on voyait dans les vitrines de ces deux constructeurs. M. Laurent exposait un appareil qu'il nomme colorimètre, et qui permet de comparer les colorations de deux liquides par les longueurs de colonnes liquides qui produisent la même teinte. Il se rattache par là à l'étude des sources de lumière, à condition pourtant que ce soient des liquides.

2. *Réflexion. Réfraction.* — Les instruments qui se rattachent à l'étude de cette partie de l'optique exigent, indépendamment des dispositions mécaniques qui caractérisent tel ou tel instrument, la préparation de deux genres d'objets dont la construction est pleine de difficultés. Nous voulons parler des miroirs et des lentilles.

A. *Miroirs et verres.* — On sait que les miroirs métalliques sont actuellement remplacés par les miroirs de verre argentés auxquels les procédés de Foucault, modifiés par MM. Martin, Henry, etc., ont permis de donner rigoureusement soit la forme plane, soit la forme concave. Nous n'insisterons pas sur la difficulté de polissage des verres et de la détermination de la forme parabolique, disons que M. Secretan exposait un miroir de 80 centimètres de diamètre. M. Lutz exposait aussi un miroir destiné à un télescope Foucault, et à l'exposition de M. Radiguet, on voyait un équatorial muni d'un miroir retouché par M. Henry, et uu bel assortiment de glaces parallèles, dont M. Radiguet a la spécialité.

Le travail des verres d'optique avait de nombreux et brillants représentants. A l'exposition de M. Benoist, on voyait une magnifique collection de cristaux taillés dans toutes les formes, prismes, lentilles, etc. L'exposition de M. Gettliffe était aussi fort remarquable. M. Tiercelin s'occupe surtout du cristal de roche ; sa vitrine était fort belle et renfermait non-seulement des verres d'optique, prismes, lentilles en quartz, mais même une paire de flambeaux.

B. *Appareils de démonstration.* — La vérification des lois de la réflexion et de la réfraction n'est vraiment pas susceptible d'être faite simplement et d'une manière suffisamment précise devant un auditoire nombreux. Des appareils variés ont été imaginés dans ce but, mais aucun d'eux ne donne la démonstration exacte et simple des lois ; quelques-uns se bornent à les reproduire d'une manière matérielle et à les peindre aux yeux. Dans cette catégorie rentrent les appareils de M. Gariel que nous n'avons pas vus à l'Exposition, et ceux de M. Rosenberg, section russe, qui leur ressemblent singulièrement. Des tableaux noirs reçoivent des baguettes en bois ou en métal peintes de diverses couleurs et destinées à représenter les rayons lumineux. Elles sont articulées d'une manière convenable, eu égard à la marche de la lumière. Un premier tableau montre l'égalité des angles d'incidence et de réflexion ; le second est destiné aux lois de la réflexion sur les miroirs plans. Les lois de la réfraction se voient dans un troisième tableau. Les trois autres indiquent la marche de la lumière dans le prisme, dans les lentilles et la réflexion sur les miroirs concaves. En Russie, on attache une grande importance à l'enseignement par les yeux et à la représentation matérielle des lois de la nature. On peut parfois tirer un assez bon parti de ces tableaux, qui peuvent d'ailleurs être exécutés assez simplement.

C. *Instruments de mesure.* — En réalité, ces lois ne peuvent être constatées qu'avec des appareils très-précis, très-délicats, cercles gradués, goniomètres, théodolites, etc., dont le goniomètre Babinet est le modèle le plus simple et le plus employé. Les instruments de ce genre ne manquaient pas à l'Exposition.

M. Laurent exposait un beau goniomètre de grand modèle à mouvements rapides et lents et dont le collimateur est susceptible de réglage. M. Lutz exposait un instrument plus complet et qui peut servir pourtant de la même façon, c'est le grand appareil Jamin destiné en même temps aux expériences de polarisation. Dans les sections étrangères, on voyait aussi quelques beaux goniomètres, par exemple en Autriche, M. Plössl avait un très-bel instrument, goniométrique et spectroscopique de 16 cent. de diamètre, mais M. Brucke exposait un instrument de 2,500 francs, dont le cercle, de 40 cent. de diamètre, peut servir comme cercle spectroscopique ou goniométrique. Deux microscopes servent pour les lectures. La Société Genevoise exposait un grand spectroscope pouvant aussi servir de goniomètre. Dans l'exposition danoise on voyait un fort bel instrument construit par M. Jurgensen. C'est un goniomètre de Mitscherlich avec trépied à vis calantes. Le cercle vertical gradué est soutenu par une colonne munie d'un niveau sphérique et porte quatre verniers. Un support central et horizontal, doué de tous les mouvements possibles est destiné à recevoir le cristal que visent trois lunettes : l'une est un collimateur, une autre est disposée verticalement et fixée au plan du cercle.

Dans la section française, M. Lutz exposait un goniomètre de Wollaston perfectionné avec vis de rappel, et dont la construction paraissait fort soignée.

3. *Dispersion.* — Depuis les découvertes de Kirchhoff et Bunsen, l'emploi et la construction des appareils spectroscopiques a pris une extension considérable que sont venues encore augmenter les recherches astronomiques des Lockyer, Jansen, Secchi, etc.

En France, plusieurs constructeurs exposaient des spectroscopes, et quelques-uns d'entre eux ont fait faire à ce genre d'instruments de notables progrès, soit en conservant la disposition originale et multipliant le nombre des prismes, soit en adoptant la disposition indiquée par Amici, et qui, en rendant la vision directe, présente dans certains cas de notables avantages. Déjà à l'Exposition de 1867, on voyait au premier rang dans cet ordre d'études MM. Hofmann et Duboscq. Le premier de ces deux constructeurs ne paraissait pas cette année au Champ-de-Mars. Des motifs que nous n'avons pas à apprécier l'ont empêché de figurer parmi les exposants, mais nous ne devons pas passer sous silence les dispositions heureuses qu'il a été l'un des premiers à adopter dans la construction des spectroscopes. Dans notre étude de 1867, nous avons fait connaître le spectroscope de poche à vision directe. Depuis cette époque, M. Hofmann a construit un spectroscope à vision directe monté sur pied et permettant l'étude simultanée du spectre solaire et du spectre que l'on veut lui comparer (fig. 9).

Le spectroscope de poche donne un spectre complet à teintes plates bien étalées, bien pures, mais un peu trop limitées. Dans un nouvel instrument qu'on pourrait appeler le spectroscope de gousset tant ses dimensions sont restreintes, cette imperfection est évitée. Il est représenté ici en grandeur naturelle (fig. 8). Ses deux extrémités sont fermées par des plaques de cristal de roche à faces parallèles, pour empêcher l'introduction de la poussière. La dispersion est produite par un système Hofmann à trois prismes; celui du milieu est en flint très-dispersif, les deux autres sont en crown. Les dimensions du spectre sont relativement très-grandes ; les couleurs sont très-étalées. Une lentille achromatique rassemble les rayons lumineux.

Les spectroscopes à vision directe bien que très-commodes, ont bien pourtant un inconvénient; la substance qui réunit les prismes exerce une certaine diffusion, et l'on ne peut d'ailleurs pousser la dispersion aussi loin, car le nombre de prismes est nécessairement assez limité. M. Duboscq, qui construit aussi les spectroscopes avec une grande perfection, exposait un spectroscope muni d'un

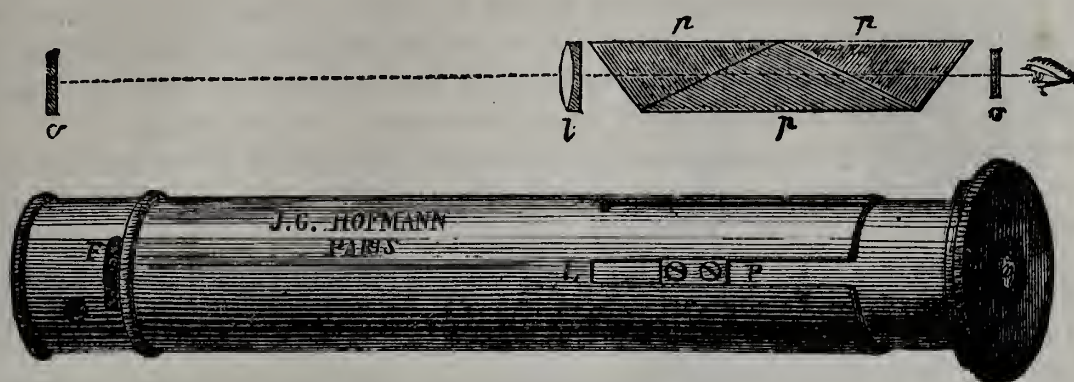
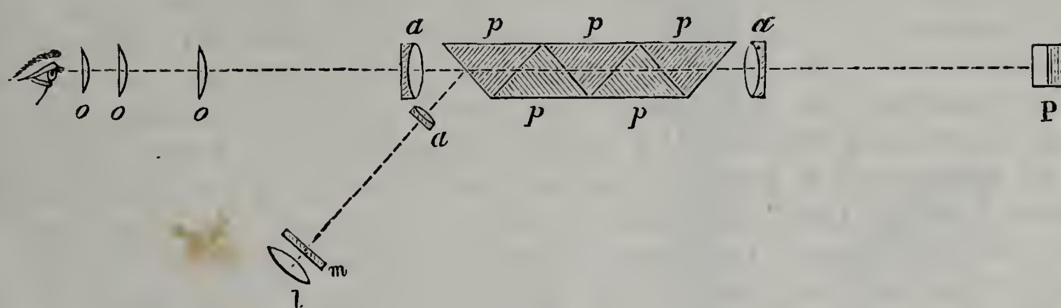


Fig. 8. — Spectroscope Hofmann.



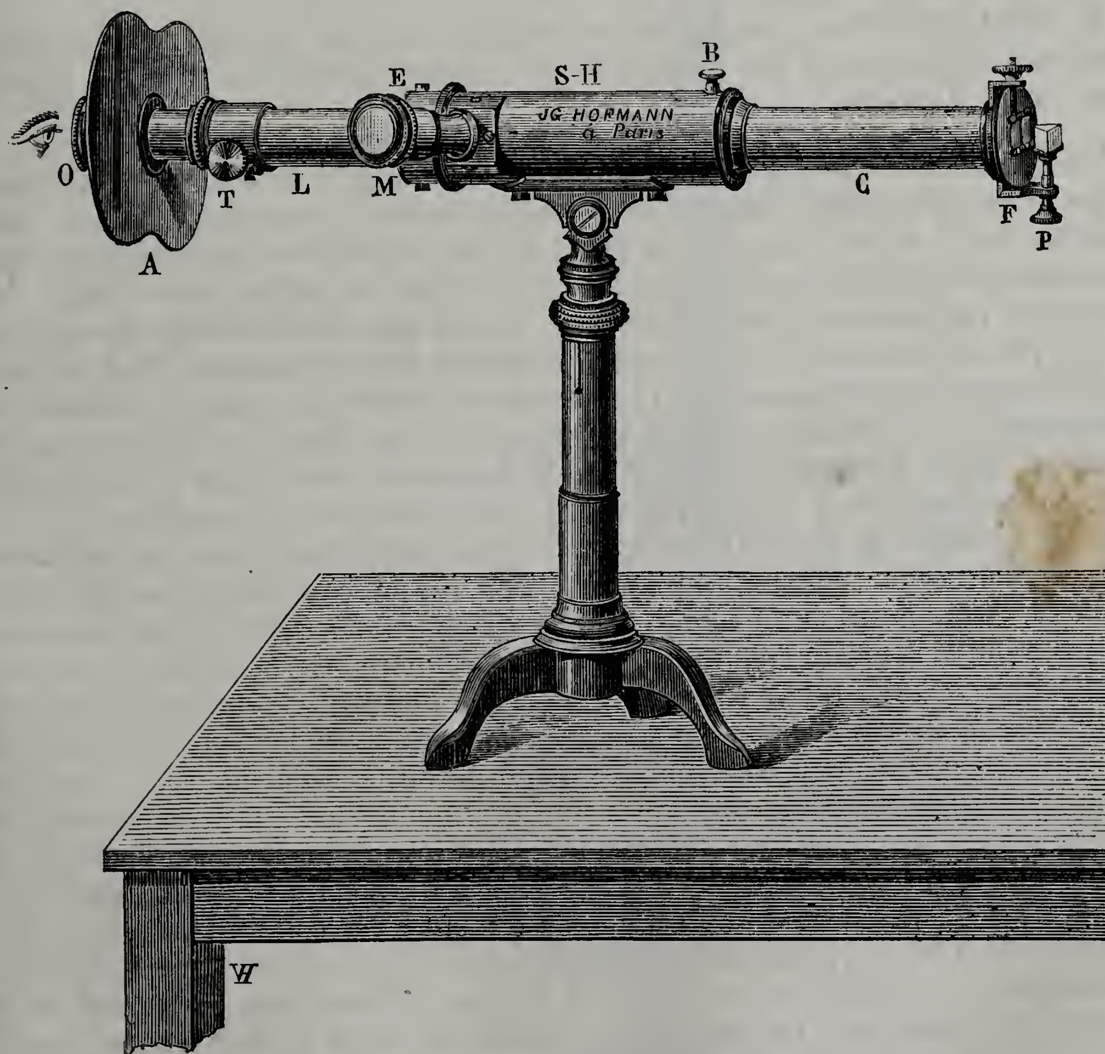


Fig. 9. — Spectroscope Hofmann.

gros prisme et un autre dans lequel quatre prismes équilatéraux donnent une dispersion assez considérable pour qu'on puisse déterminer les positions des raies les plus déliées des sources lumineuses par rapport à celles du spectre solaire. M. Duboscq exposait aussi un spectroscope à vision directe.

Dans la section française, deux constructeurs exposaient aussi des spectroscopes. M. Prazmowski avait un spectroscope à vision directe, et M. Lefebvre exposait un spectroscope binoculaire à deux prismes renfermés dans une boîte cubique en noyer, d'où sortent les quatre tubes portant le collimateur, le tube d'éclairage et les deux tubes d'observation. Est-ce un progrès? nous n'en pouvons rien dire; c'est à l'expérience à prononcer.

L'Officina Galileo exposait un spectroscope astronomique de Donati à 25 prismes et un spectroscope à vision directe.

En Autriche, on voyait un spectromètre de Brucke très-soigné, pouvant en même temps servir de goniomètre. C'est un véritable cercle de Frauenhofer, de 40 centimètres de diamètre environ avec deux microscopes pour les lectures.

Nous ne pouvons pas abandonner ce sujet sans signaler les tentatives couronnées de succès de M. Thollon. La nouvelle disposition qu'il donne au spectroscope est réalisée par M. Laurent avec une grande perfection. Le prisme composé analogue à celui d'Amici est destiné à donner une grande dispersion, mais la vision n'est plus directe. Avec deux prismes composés comprenant chacun un prisme de flint de 90 degrés et deux prismes de crown de 18 degrés, la longueur apparente du spectre est de $1^{m},80$.

M. Grubb de Dublin dans la section anglaise exposait un spectroscope solaire destiné à s'appliquer à une lunette et des prismes composés disposés comme ceux de M. Thollon.

4. *Chambres.* — La chambre noire de Porta a subi bien des transformations, et son principal usage se borne actuellement à la photographie. Nous n'avons rien à en dire ici, car, à ce point de vue, elle sera étudiée ailleurs; mais la chambre claire nous intéresse à plus d'un titre, et elle a donné lieu à des tentatives multipliées depuis Wollaston. Outre son emploi pour dessiner les objets vus au microscope, elle permet d'obtenir la reproduction d'objets éloignés, et peut même donner des renseignements suffisants pour en déduire les dimensions et la distance. Déjà à l'Exposition de 1867, on pouvait voir la chambre claire Wollaston modifiée par M. Laussedat. Deux tiges la soutiennent sur la planchette et un niveau permet de la disposer horizontalement.

Cette nécessité de mettre la planchette horizontale amène pour le dessinateur une grande fatigue, aussi a-t-on cherché à opérer en se servant d'une planchette inclinée. A l'Exposition du Dépôt des fortifications, on voyait deux chambres claires modifiées par le colonel Goulier. La première est la chambre claire à planchette inclinée. Elle permet de dessiner la perspective sur une planchette inclinée à 18 degrés en agissant sur les pieds et en se guidant sur les indications d'un niveau sphérique à base inclinée qu'on pose sur le dessin. Trois creusures en forme de calottes hémisphériques sont pratiquées sur la face supérieure du prisme, et trois œilletons y correspondent. On détruit la parallaxe optique en visant par celui des œilletons qui convient à la distance actuelle du dessin. En déplaçant l'œilleton d'avant en arrière on obtient une visibilité égale du crayon et de l'objet visé; on peut s'aider d'ailleurs d'un verre coloré. En graduant convenablement les œilletons, on évite les éclipses alternatives du crayon et de l'objet que produisent les oscillations involontaires de la tête et qui sont si gênantes. On peut déterminer le point de vue de la perspective en déplaçant sur la planchette un petit miroir circulaire jusqu'à ce que l'image de l'œilleton vue à travers celui-ci paraisse correspondre au centre du miroir. Ce centre est

alors le point de vue, parce qu'il est le pied de la perpendiculaire abaissée de l'œilleton sur le tableau.

La seconde chambre claire à planchette inclinée est mégaloptique, c'est-à-dire que grâce à la lunette qui y est adaptée, les objets sont redressés et grossis quatre fois. On peut de la sorte, avec un instrument placé à $0^m,30$ du papier, dessiner des perspectives qui seraient faites sur un plan de tableau distant de $1^m,20$ du point de vue. Le prisme de Wollaston associé à la lunette de Galilée ne résout pas complétement la question.

La chambre claire de Wollaston, même avec la modification apportée par M. Lanssedat n'est peut-être pas le dernier mot de la question. M. Hofmann qui a touché si heureusement aux diverses branches de l'optique, a imaginé un nouveau modèle de chambre claire qui peut servir, soit à dessiner directement les objets éloignés, soit à dessiner les objets vus au microscope. Dans le premier cas la chambre est comme celle de Wollaston soutenue par une tige fixée au bord de la table. Cet appareil représenté (fig. 10) se compose d'une glace argentée A, d'une glace B à faces parallèles, d'un verre de couleur G et d'une plaque percée d'un trou oculaire C. On dispose l'appareil de manière que la glace B soit à peu près verticale. Les rayons envoyés par l'objet sont réfléchis par la glace argentée qui les renvoie à la partie supérieure de la glace B et de là à l'œil placé en C. On reçoit alors les rayons doublement réfléchis et qui émanent de l'objet en même temps que ceux qui sont en-

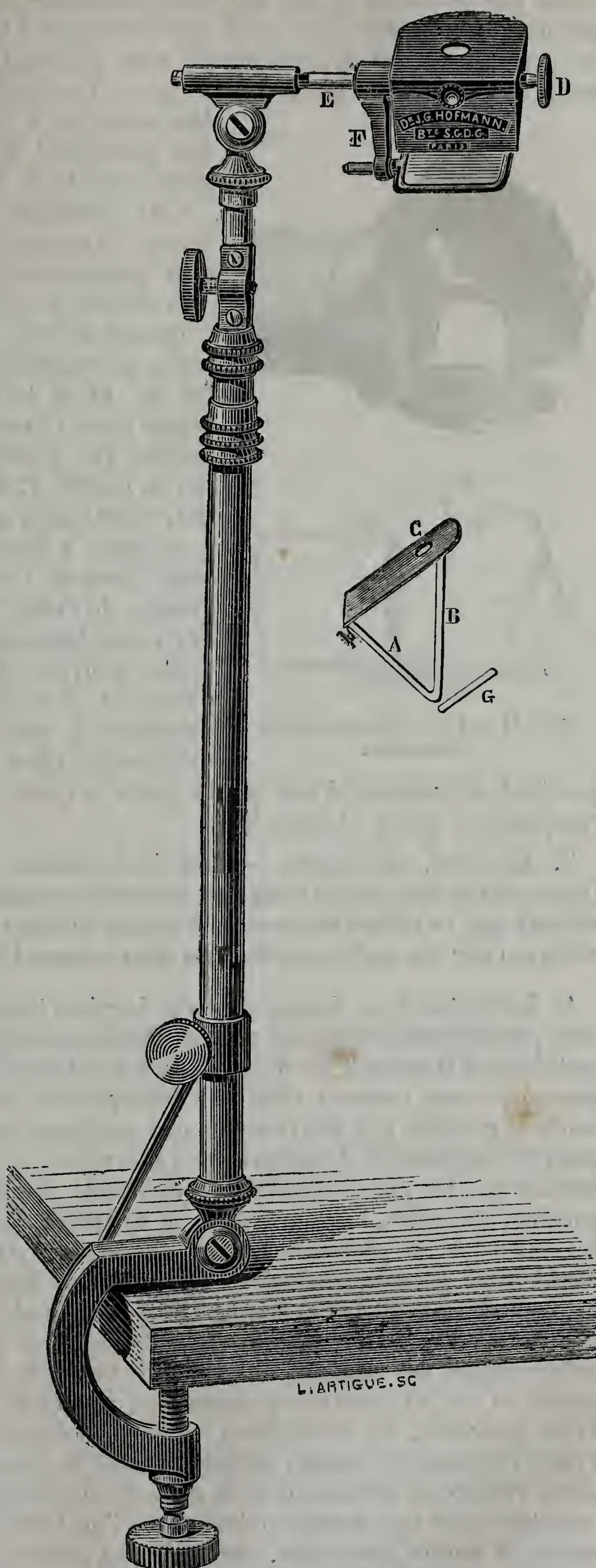
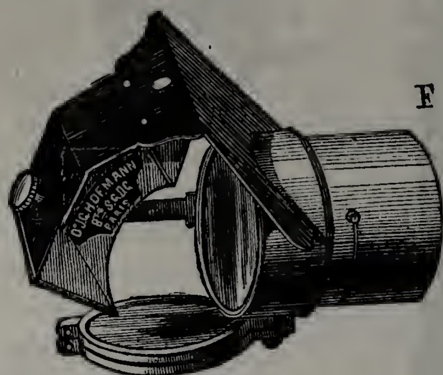


Fig. 10. — Chambre claire d'Hofmann.

voyés par le crayon et qui ont traversé le verre de couleur G. Le bouton D sert à orienter la chambre claire. S'il s'agit d'opérer à la campagne par un beau soleil, le verre de couleur devient inutile, mais par un temps couvert, il faut s'en servir pour augmenter la netteté de l'image. Des lentilles de divers foyers peuvent être ajoutées à l'instrument pour permettre de voir nettement le crayon, qu'il est presque toujours difficile de bien apercevoir.



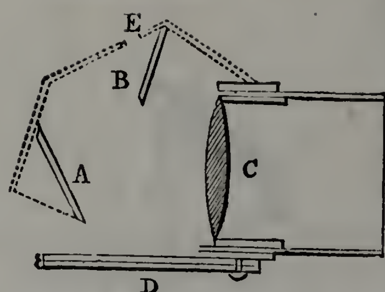


Fig. 11 et 12. — Chambre claire d'Hofmann.

Cette chambre claire présente sur toutes les autres, l'avantage de montrer le crayon avec la plus grande netteté tout en donnant les moindres détails de l'image.

Quand on veut adapter la chambre au microscope, on emploie la disposition représentée dans les fig. 11 et 12 qui montre la chambre construite pour se monter sur un microscope horizontal. Les lentilles oculaires représentées ici par la lentille C donnent des rayons émergents qui, reçus par la glace argentée A, sont renvoyés à la glace à faces parallèles B et de là à l'œil placé près de l'ouverture E. L'œil voit à la fois l'image de l'objet et le crayon aperçu au travers des verres légèrement convexes placés en D. Ces verres peuvent être employés ensemble ou séparément. L'éclairage du papier doit être proportionné à celui de l'image, par suite, il est quelquefois utile d'assombrir le papier; on y parvient au moyen d'une petite glace à teinte enfumée qui peut à volonté remplacer la glace blanche B.

5. *Lunettes, télescopes.* — Les instruments destinés à aider l'œil pour l'observation des objets éloignés peuvent se ranger dans plusieurs catégories, suivant que la réfraction seule est en jeu ou bien qu'elle appelle à son aide la réflexion sur les surfaces polies ou bien encore l'impression photographique.

A. *Réfracteurs.* — Jusque dans ces derniers temps, l'observation des astres était faite presque exclusivement par les lunettes astronomiques ou réfracteurs. Les tentatives d'Herschell, de Ross, n'avaient pu faire abandonner les appareils réfringents qui seuls peuvent s'adapter aux appareils de mesure d'une manière commode et précise. Ces instruments ont pourtant quelques inconvénients. Il est à peu près impossible de supprimer l'aberration secondaire de réfrangibilité, et à mesure que les grossissements augmentent, ce défaut devient de plus en plus sensible. En outre, la préparation et le travail des grands objectifs présentent des difficultés de plusieurs ordres. Longtemps la France a été tributaire de l'Angleterre pour la fabrication des verres de flint et de crown ; mais de nos jours, M. Feil, petit-fils et successeur de Guinand, et qui exposait dans la classe 15, obtient des masses considérables de matières pures. Les disques destinés à la fabrication des objectifs doivent être exempts de bulles et ne présenter ni points, ni fils, ni traces de polarisation, car alors leur homogénéité serait loin d'être complète. En réchauffant les disques défectueux, on parvient quelquefois à faire disparaître certains défauts. Quand le disque est parfait, il faut en déterminer l'indice de réfraction et le pouvoir dispersif, et ces mesures doivent être exécutées avec une grande précision, si l'on tient à bien achromatiser les deux verres. Il faudra, pour cela, construire un prisme avec chacun des deux verres qui doivent composer l'objectif et étudier ce prisme à l'aide d'un goniomètre

de Babinet. On procède alors au polissage des verres en leur donnant des courbures calculées d'après les indices, afin d'obtenir un objectif de longueur focale déterminée. Ces calculs n'amènent pas de suite à un résultat définitif. En assemblant les lentilles on reconnaît que l'achromatisme est imparfait, et que la distance focale diffère de celle que le calcul avait assignée. On améliore l'achromatisme en retouchant les surfaces de contact des disques et l'on corrige l'erreur de la distance focale en changeant la courbure de l'une des surfaces extérieures. En recommençant plusieurs fois ces retouches méthodiques, on finit par obtenir un objectif achromatique de foyer donné et avec une aberration minima. Le montage des verres constitue une autre difficulté ; les diverses lentilles doivent être centrées, c'est-à-dire que les centres de courbure de toutes les faces doivent être rigoureusement en ligne droite. Quand les verres sont fixés dans le tube qui doit former la lunette, celle-ci reçoit alors la monture pour laquelle on l'a préparée, suivant l'usage auquel on la destine.

M. Secretan continuateur de Lerebours exposait une grande variété de lunettes astronomiques, les unes supportées par un pied à trois branches et recevant les mouvements lents à l'aide d'engrenages manœuvrés par des tiges, les autres plus lourdes supportées par un pied à chaîne.

Deux grandes lunettes montées équatorialement figuraient aussi à son exposition, l'une plus complète sur un pied en fer, l'autre sur un pied en bois. Un cercle méridien portatif présentait encore la lunette astronomique sous une autre forme. M. Moreau Teigne exposait un équatorial monté sur un pilier en fer et plusieurs lunettes avec tiges directrices. L'exposition de M. Avizard comprenait à peu près les mêmes objets. Celle de M. Bardou était plus considérable. On pouvait remarquer plusieurs lunettes en cuivre nickelé, un équatorial monté sur un pied en fer, de beaux objectifs de grandes dimensions et des tubes préparés pour lunettes astronomiques.

Dans les sections étrangères, on peut signaler l'exposition de M. Dallmeyer dans la section anglaise. Sa vitrine renfermait de fort beaux instruments, une lunette méridienne portative analogue à celle qu'on construit en France, un grand équatorial monté sur un pied en fonte avec mouvement d'horlogerie à régulateur, une lunette montée équatorialement et plusieurs lunettes astronomiques sur pied métallique.

Pour terminer l'énumération des lunettes, signalons en Italie une lunette astronomique binoculaire dont le tube et les verres ont une section carrée et dont les mouvements sont obtenus à l'aide de tiges directrices.

B. *Télescopes.* — Après les réfracteurs, nous avons à signaler les réflecteurs ou télescopes. La possibilité d'obtenir un achromatisme parfait et de donner au miroir des dimensions bien plus considérables que celles que comportaient jadis les objectifs des lunettes astronomiques avaient assuré une supériorité marquée aux télescopes. Les instruments construits par Heschell, par Lord Ross excitèrent l'admiration et fournirent des résultats importants. Toutefois la faveur revint aux réfracteurs lorsqu'on eut trouvé le moyen de construire des objectifs de grandes dimensions et surtout de leur donner un achromatisme presque parfait. Les télescopes, en effet, présentent bien des inconvénients, le miroir métallique doit avoir un poids considérable ce qui rend la manœuvre pénible et son poli s'altère assez vite sous l'influence des actions atmosphériques. Quand Foucault eut fait connaître les procédés à l'aide desquels on peut donner à un miroir de verre une forme absolument géométrique et qu'il fut alors possible d'appliquer au verre ainsi travaillé le procédé d'argenture dû à Liebig, les télescopes reprirent leur supériorité sur les lunettes astronomiques. Pourtant si les télescopes présentent quelques avantages ils ont bien aussi des inconvénients qui les compensent; sans

doute on n'a plus à craindre le défaut d'achromatisme et l'aplanétisme peut être obtenu presque d'une manière absolue, mais la réflexion, même sur des surfaces argentées entraîne des pertes de lumière plus considérables que dans les réfracteurs. D'un autre côté, à moins d'employer les dispositions de Gregory ou celles de Cassegrain le pointé est très incommode surtout pour des objets difficiles à trouver. Enfin, la colonne d'air et de poussière qui occupe le tube du télescope, par suite des variations de température ou de l'agitation de l'air extérieur, imprime aux rayons lumineux des ondulations qui diminuent la netteté de l'image et la puissance optique de l'instrument.

Cette dernière cause d'infériorité a été combattue par des moyens qui n'ont pas toujours très-bien réussi. On a essayé de pratiquer des ouvertures dans le tube du télescope et la section anglaise présentait des instruments montés de cette façon. Bien qu'il doive s'établir un équilibre de température entre la masse d'air intérieure et les couches de l'atmosphère les images sont encore confuses.

On a même été plus loin et l'on a proposé de supprimer complètement le tube de l'instrument. MM. Forster et Fritsch dans la section autrichienne exposaient un télescope dans lequel ce principe est appliqué. Avec de forts grossissements, il est probable qu'un instrument de ce genre ne doit donner de bonnes images que par un temps très-calme. Par le vent le plus faible les images paraissaient agitées dans le grand télescope de M. Lassel et dans celui de Melbourne pour lesquels on avait supprimé le tube. Tout dernièrement MM. Henry, qui se sont tout particulièrement occupés et avec succès du perfectionnement et de l'application des procédés Foucault, ont proposé un remède qui paraît infaillible, il s'agirait de fermer complètement le tube du télescope par une lentille de crown glass de même diamètre que le miroir du télescope et légèrement concave.

Cette lentille évite la double image très-faible, il est vrai, que produirait un verre à faces planes et de plus elle permet de diminuer l'aberration de réfrangibilité du microscope oculaire. Comme la lentille peut être très-mince il n'y a pas de pertes de lumière et son centrage n'offre pas de difficulté, en raison de la grandeur des rayons de courbure. Les résultats ont été d'ailleurs très-satisfaisants et les images étaient douées d'une netteté parfaite.

Ce perfectionnement notable fera donc disparaître une cause d'infériorité du télescope, il reste encore l'inconvénient qui résulte de la difficulté, du pointé dans le système de Newton ou d'Herschell ou de la nécessité d'employer un second miroir dans le système de Gregory ou de Cassegrain.

Plusieurs exposants français avaient des télescopes à miroir argenté MM. Bardou, Radiguet, Secretan. M. Bardou exposait un télescope Foucault avec cercle de déclinaison et cercle horaire. L'équatorial Foucault exposé par M. Radiguet avait été retouché par M. Henry, son diamètre est de 10 cent. et il peut supporter des grossissements allant de 60 à 200 fois. M. Secretan s'occupe aussi avec un grand succès de la construction des miroirs argentés et il a déjà fourni à plusieurs observatoires des instruments de grandes dimensions dont quelques-uns ont été retouchés par MM. Henry d'après les méthodes de Foucault.

La construction des miroirs argentés exige beaucoup de soins. Bien que le verre n'ait pas besoin, comme pour les réfracteurs. d'être exempt de bulles, de fils, il doit être bien homogène et avoir été refroidi lentement, car sans cela il pourrait se produire à l'intérieur des fissures qui n'apparaîtraient qu'à la fin du travail et compromettraient le succès de l'opération. Le verre est alors amené par le polissage à avoir à peu près la courbure intérieure que l'on désire. Au moyen de polissoirs promenés à la main et garnis, au début, d'émeri plus ou moins gros et plus tard de rouge d'Angleterre adhérant à une feuille de papier

on opère les retouches locales destinées à obtenir la forme géométrique nécessaire à la formation des images.

Le miroir doit être aplanétique, c'est-à-dire réfléchir en un point unique la lumière qu'on lui envoie. Si le miroir était un paraboloïde de révolution, un faisceau de rayons parallèles à l'axe du paraboloïde devrait fournir pour image un point lumineux situé au foyer. En réalité, on obtient un système d'anneaux alternativement brillants et obscurs. La forme obtenue par le polissage est la forme sphérique. Pour passer à la courbure paraboloïde, il faut creuser un peu le miroir vers son centre. Foucault a fait connaître un procédé à l'aide duquel, par des retouches méthodiques, on peut arriver sûrement à la forme voulue. On se sert pour cela d'un réseau de fils fins fortement éclairé et de diaphragmes percés de trous fins dont on examine l'ouverture à l'aide de la loupe ou mieux du microscope. La première partie de l'étude du miroir consiste à reconnaître s'il a bien acquis la forme sphérique ou tout au moins la forme d'une surface de révolution. Dans ce cas, l'éclairement qu'il reçoit d'un bec de gaz doit donner une apparence uniformément lumineuse tandis que si l'image obtenue présente des parties brillantes à côté des parties sombres on peut attribuer les premières à des saillies et les noirs à des creux. Cette étude minutieuse se fait dans un local assez vaste, car on doit placer la source lumineuse, à des distances variables du miroir. Quand on est sûr que la surface du miroir est bien sphérique, il faut la transformer d'abord en ellipsoïde de révolution, puis en paraboloïde. Pour cela, on creuse le miroir au moyen de polissoirs garnis de rouge d'Angleterre. D'abord on cherche à obtenir un ellipsoïde de révolution à foyers peu distants, ce que l'on reconnaît en plaçant un point lunineux ou un réseau à l'un des foyers et étudiant l'image formée au second foyer. On passe alors à la forme parabolique en éloignant les foyers l'un de l'autre, car, lorsque leur distance atteint une vingtaine de mètres, on peut admettre que l'ellipsoïde de révolution se confond avec un paraboloïde.

Le miroir ainsi préparé, il reste à le monter dans son tube et à disposer l'oculaire d'après l'un ou l'autre des différents systèmes proposés. Le système Newtonien est l'un des plus employés, mais non pas le plus commode, puisque le rayon émergent est perpendiculaire au rayon incident. Un chercheur vient, il est vrai, atténuer l'inconvénient, mais l'observation dans le chercheur n'est pas non plus facile.

Dans la section anglaise, M. Berthon exposait un télescope de Newton avec un tube à jour très-bien disposé pour permettre de le diriger à la main vers un point quelconque de l'espace. Il est représenté pl. II, fig. 2. Dans la section autrichienne, MM. Forster et Fritsch exposaient un instrument nommé par eux brachytélescope et destiné à éviter les inconvénients des principaux systèmes employés. Dans les télescopes Grégory et Cassegrain le grand miroir est percé, ce qui est un inconvénient. Dans le télescope Herschell, la tête de l'observateur intercepte beaucoup de lumière à moins que le diamètre de l'instrument ne soit considérable. Dans le télescope de Newton, le pointé est difficile en raison de l'angle du rayon incident et du rayon émergent. Le brachytélescope représenté pl. I, fig. 1 évite la plupart des inconvénients qu'on peut reprocher aux télescopes déjà décrits. Il n'y a point de tube, par suite les images, du moins par temps calme, doivent être très-nettes. Les rayons réfléchis par le grand miroir sont rejetés latéralement sur le petit miroir convexe, ce qui constitue alors un instrument du système Cassegrain. Ils sont renvoyés vers l'oculaire et donnent facilement une image virtuelle amplifiée. Un chercheur est monté sur le tube et facilite le pointé. Cet instrument réunit donc les avantages des télescopes d'Herschell et de Cassegrain. Des dispositions de détail qu'on aperçoit sur la figure permettent le réglage et la mise au point. Il est

peu volumineux et d'un prix relativement peu élevé, l'auteur donnant pour 400 francs un brachytélescope de 104 millimètres muni d'un chercheur, de 2 verres noirs, de 4 oculaires, dont un oculaire terrestre et comportant des grossissements compris entre 50 et 250. C'est l'instrument représenté pl. II, fig. 1.

C. *Héliographes.* — Pour ne rien omettre nous devons signaler ici à l'exposition de M. Prazmowski un héliographe photographique muni d'une lunette de 8 centimètres, mais nous n'avons pu obtenir de détails sur cet instrument qui doit être parfaitement disposé, étant donné le talent du constructeur.

D. *Jumelles, bésicles.* — Nous terminerons enfin ce paragraphe en indiquant les appareils d'optique si fréquemment employés et de fabrication courante. On pouvait voir de très-beaux spécimens de cette fabrication à l'exposition de MM. Secretan, Bardou, Avizard. L'exposition de la société des lunettiers était aussi fort belle. En somme, si nous avons remarqué des objets soignés et qui paraissaient indiquer un bon travail, nous n'avons rien aperçu qui nous ait paru nouveau.

6. *Microscopes* — Les microscopes exposés au Champ-de-Mars étaient fort nombreux, aussi bien dans la section française que dans les sections étrangères. Notons tout d'abord M. Nachet dont la réputation est si bien établie et dont la vitrine contenait presque tous les modèles de sa fabrication. On pouvait y remarquer entre autres un microscope renversé de très-grandes dimensions à miroir argenté et répondant à un tube d'un mètre de développement.

M. Vérick exposait aussi de beaux instruments, entre autres un microscope binoculaire à objectif révolver.

MM. Prazmowski et Hartnack construisent des microscopes très-estimés; ils exposaient un beau microscope binoculaire.

Dans les sections étrangères, on trouvait d'abord en Suisse une collection de microscopes. Quelques-uns d'entre eux présentent des dispositions spéciales. L'éclairage s'obtient au moyen d'un miroir maintenu par un système de tiges articulées qui font décrire au centre du miroir une ligne courbe très-voisine d'un arc de cercle dont le centre est sur l'objet que l'on observe. L'éclairage le plus convenable s'obtient ainsi très-rapidement, l'observateur n'ayant pas à régler à la fois la distance focale du miroir et son éloignement latéral de l'axe du microscope. L'objectif n'est point vissé sur le tube, il est seulement pressé par une pince à ressort contre une portée tournée avec soin. Pour enlever l'objectif, il suffit de le tirer transversalement; il se met en place avec plus de facilité encore qu'il ne s'enlève. Il en résulte une grande économie de temps, un centrage mécanique de l'objectif total plus parfait que celui qu'on peut obtenir d'une vis. Le concentrateur est mobile à l'aide d'une crémaillère qui sert également à régler la position des diaphragmes. Tout le système du concentrateur tourne autour d'un axe excentrique, par suite, il peut être rapidement écarté.

La section anglaise renfermait de fort beaux microscopes. M. Ross exposait un microscope binoculaire à tubes convergents à l'objectif, platine tournante et mouvement micrométrique transversal. L'oculaire est à crémaillère et la mise au point se complète par un ajustement de l'objectif au moyen d'une vis à filet très-fin. M. Beck, dont les microscopes avaient été remarqués à l'exposition de 1867, n'avait pas exposé cette année. M. Dallmeyer exposait plusieurs beaux microscopes monoculaires et binoculaires. M. Pillischer avait un microscope binoculaire à platine horizontale et à tubes inclinés; mais l'exposition la plus considérable et la plus complète était celle de M. Crouch. Le grand microscope exposé par M. Crouch est binoculaire avec deux crémaillères, pour ajuster les oculaires, les tubes se réunissant vers l'objectif. Le trépied permet de disposer les microscopes verticalement, obliquement ou horizontalement. Une crémaillère

donne aux tubes un mouvement rapide pour la mise au point; elle se complète à l'aide d'une vis à filet très-fin qui agit sur le tube porte-objectif. La platine est graduée sur argent et peut prendre, soit un mouvement de rotation, soit un mouvement rectangulaire grâce à des vis commandées par des boutons moletés. L'éclairage permet d'employer soit la lumière directe, soit la lumière oblique. Deux miroirs, l'un plan, l'autre concave, sont mobiles dans tous les sens. Au microscope sont joints des accessoires nombreux dont quelques-uns sont plus spécialement usités dans les instruments anglais, comme le condenseur achromatique de Webster avec diaphragmes, pour avoir un éclairage oblique ou un fond sombre, le paraboloïde de Wenham, la chambre claire à teinte neutre de Beale, l'illuminateur universel parabolique de Crouch, la nouvelle platine tournante d'après le principe de Tilghman.

En Autriche, M. Plössl exposait un beau microscope dont l'oculaire susceptible d'un mouvement de rotation entraînait un vernier sur un cercle.

Dans la section des États-Unis on pouvait voir dans la vitrine de M. Zentmayer, de Philadelphie, un fort beau microscope binoculaire et dans celle de MM. Bausch et Lomb plusieurs microscopes à corps nickelés, montés sur des tablettes dont les pieds étaient, nous ne savons pourquoi, formés par des loupes.

7. *Polarisation.* — Sous ce titre nous sommes obligés de rassembler un grand nombre d'objets assez divers par la forme ou par le but auquel ils sont destinés, mais qui se rattachent tous à la lumière polarisée.

A. *Appareils d'étude.* — Tout d'abord, signalons les appareils employés pour projeter les phénomènes offerts par la lumière polarisée dans son passage à travers les cristaux. MM. Duboscq et Laurent, qu'anime une rivalité scientifique qui tourne au profit de la perfection des instruments et des méthodes, se trouvent encore ici au premier rang. M. Duboscq a disposé un appareil qui permet de montrer à un nombreux auditoire les phénomènes de la double réfraction et de la polarisation qui ne pouvaient jadis être étudiés qu'individuellement. Cet appareil se trouvait au Champ-de-Mars dans la vitrine de M. Duboscq. Un appareil tout à fait analogue a été construit par M. Laurent qui propose d'employer comme polariseur des prismes de Nicol de grandes dimensions composés de plusieurs morceaux de spath collés et travaillés ensemble.

Pour faire fonctionner ces appareils, il faut des lames cristallisées, taillées de diverses façons. M. Duboscq et M. Laurent ont de beaux échantillons de cristaux taillés, mais on doit admirer surtout les collections de M. Lutz et de M. Werlein. Pour le quartz, M. Tiercelin mérite aussi d'être cité; nous avons déjà mentionné les lentilles, les prismes en cristal de roche qu'il avait exposés et qui étaient fort beaux.

Si l'on veut étudier directement les phénomènes de polarisation et effectuer des mesures, il faut recourir à des dispositions différentes et employer les polarimètres dont l'appareil de Norremberg nous offre un type. M. Duboscq exposait un très-bel appareil de Norremberg perfectionné, avec une crémaillère et des modifications nombreuses qui l'éloignent assez du modèle primitif, tout en le rendant plus commode et plus précis. M. Lutz avait aussi un appareil du même genre, mais qui nous a paru un peu moins bien disposé que le précédent.

Le polarimètre de Biot est plus commode et permet de prendre des mesures, ce que ne comporte pas l'appareil Norremberg. A quelques points de vue, il a donc l'avantage sur ce dernier appareil. M. Duboscq, dont l'exposition était si complète, avait un appareil de Biot d'une belle construction. M. Lutz exposait un fort bel appareil Jamin pour l'étude complète des phénomènes de polarisation.

Les appareils précédents légèrement modifiés peuvent recevoir une destination toute spéciale et être employés au dosage des sucres; ils deviennent alors

des saccharimètres, bien qu'à vrai dire ils puissent servir à mesurer le pouvoir rotatoire de liquides autres que les dissolutions sucrées. Soleil avait imaginé une disposition spéciale du polarimètre et pendant longtemps son saccharimètre à compensateur fut le seul employé. M. Duboscq exposait un instrument de ce genre. Depuis quelques années, M. Laurent a imaginé une autre modification du

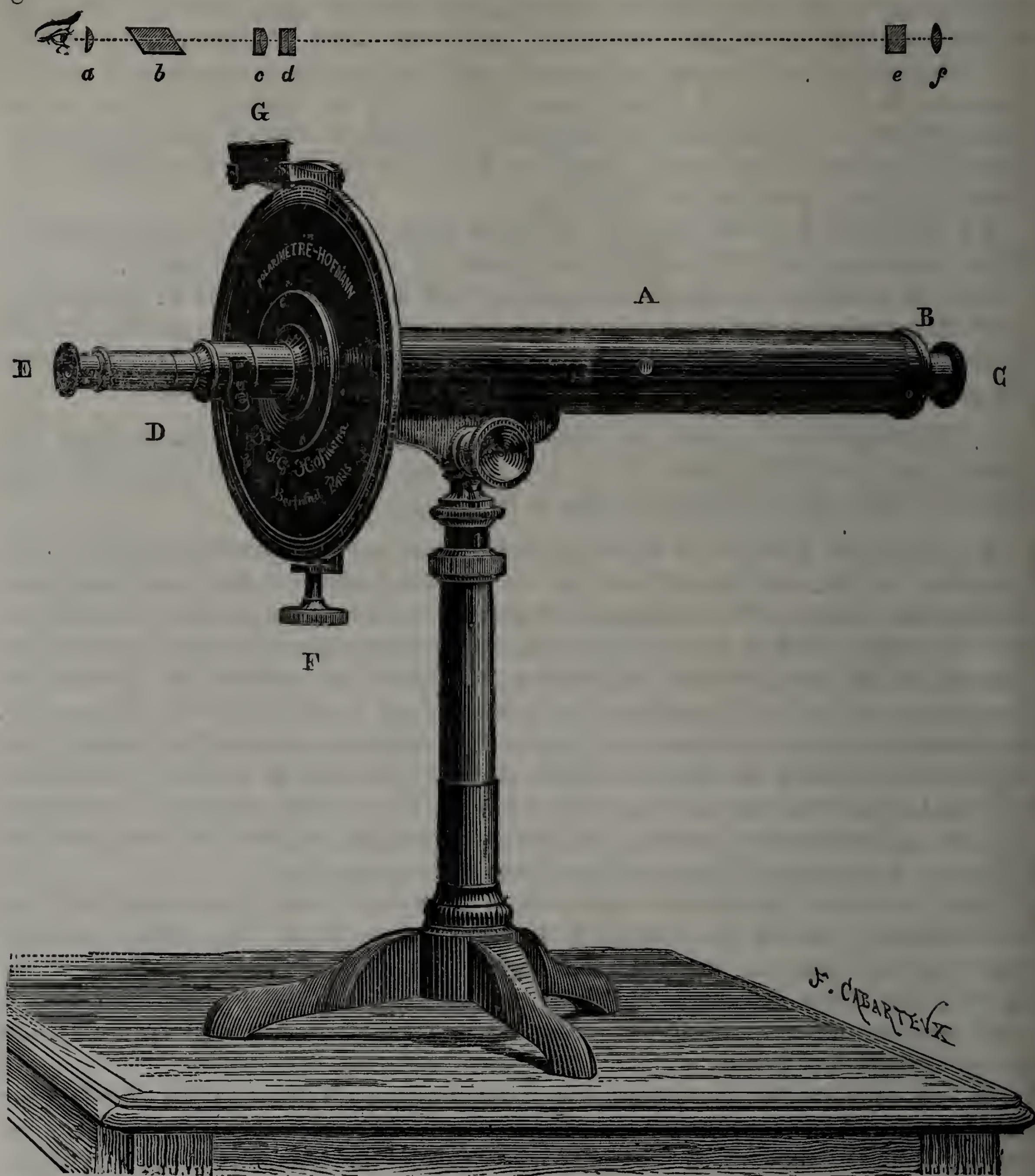


Fig. 13. — Polarimètre *Hoffmann.*

polarimètre, qu'il nomme saccharimètre à pénombres et qui paraît doué d'une plus grande sensibilité. Au lieu de faire l'observation en plein jour il faut se mettre dans l'obscurité, ce qui est bien un inconvénient, il est vrai, mais ce qui procure une bien plus grande exactitude. L'observation consiste à obtenir l'égalité d'éclairement des deux moitiés du champ lumineux, ce qui est d'autant plus facile que le moindre mouvement en rendant l'une des moitiés plus sombre illumine l'autre davantage, par suite il y a contraste.

Mentionnons, pour terminer le polarimètre à franges de M. Hoffmann. Il ne figurait pas à l'Exposition, mais il mérite pourtant d'être cité.

Cet instrument est représenté ci-contre sous la forme définitive qu'a adoptée M. Hoffmann. Il se compose d'une chambre noire A (fig. 13) qui peut au besoin recevoir les corps sur lequel on veut faire agir la lumière polarisée. La lumière, qui traverse d'abord la lentille *f* collectrice de lumière placée dans le tube B, passe ensuite dans le prisme de Nicol qui la polarise. De là elle atteint la lame *d* qui sert à produire les franges. Une lunette de Galilée dont l'oculaire est en *a* et l'objectif en *c* est placée dans le tube D de l'instrument; entre les deux systèmes optiques se trouve l'analyseur *b*, qui se compose aussi d'un prisme de Nicol. Un bouton denté F permet de faire tourner le limbe dont le revers porte une denture circulaire et un miroir G renvoie la lumière sur la graduation

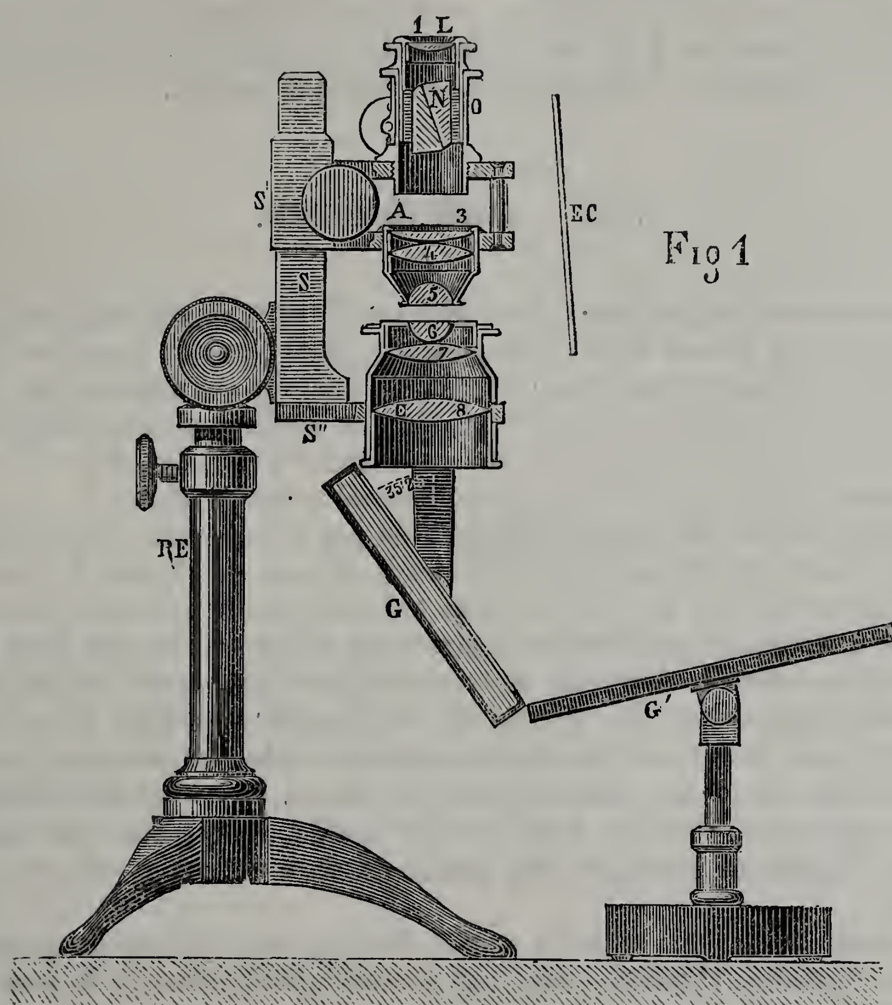


Fig. 14. — Microscope Nodot.

qui peut-être lue sans difficultés. La position actuellement donnée au limbe est bien plus avantageuse que dans l'ancien modèle, car la lecture est plus facile et le limbe sert en même temps d'écran, de plus, la longue tige qui servait à faire tourner le prisme polariseur se trouve supprimée. Dans l'ancien modèle le prisme analyseur était placé en dehors de la lunette de Galilée et sur le même tube que l'oculaire, de sorte que les observateurs, en raison de la différence de l'accomodation, devaient déplacer et l'oculaire et le prisme. Dans le nouveau modèle, au contraire, le prisme est fixe et l'oculaire seul se déplace.

Les phénomènes offerts par la lumière polarisée se manifestent très-souvent dans des lames cristallines de très-petites dimensions, l'emploi du microscope devient tout à fait nécessaire, mais il n'est pas impossible pour cela de projeter les phénomènes et de les montrer simultanément à un nombreux auditoire.

M. Ducretet construit un microscope polarisant, imaginé par M. Nodot et dont la disposition paraît des plus heureuses. Il est représenté (fig. 14). La lumière est polarisée par une glace noire mobile et par une pile de glaces. Un Nicol de petites dimensions sert d'analyseur. Le système éclairant comprend trois lentilles convergentes inférieures et concentre la lumière sur le cristal à observer que l'on place entre les deux lentilles demi boules. Les rayons lumineux traversent ensuite les lentilles supérieures qui forment l'objectif et l'oculaire du microscope. L'un et l'autre se déplacent à l'aide d'une crémaillère pour la mise au point. Le cristal est placé sur une monture à plaque tournante graduée. Quand on veut opérer par projection, on dispose l'appareil horizontalement et l'on fait tomber sur la pile de glaces la lumière solaire ou celle de la source artificielle dont on dispose. Quelques modifications dans la place des lentilles et des écrans permettent d'opérer facilement la projection des phénomènes dus au passage de la lumière dans les lames cristallines minces.

VIII. — MAGNÉTISME.

Les phénomènes magnétiques sont peu nombreux, et par suite ne donnent pas naissance à un grand nombre d'appareils. Quelques-uns pourtant figuraient à l'Exposition. Nous citerons en premier lieu les aimants naturels ou artificiels. La vitrine de M. Duboscq contenait un aimant naturel monté avec garnitures de fer. Il pèse 23g,45 et supporte 1,500 grammes, c'est-à-dire 64 fois son poids, résultat remarquable et tout à fait exceptionnel pour un aimant.

Les aimants artificiels étaient représentés par les aimants Winter de la section autrichienne. M. Winter est un fabricant d'acier de Styrie. Il exposait une série d'aimants en fer à cheval qui nous ont paru assez grossiers. Les aimants Jamin sont autrement puissants et autrement intéressants que ceux qui précèdent. On les retrouve dans un certain nombre d'appareils et en particulier dans la machine Gramme. On sait qu'ils sont formés d'un plus ou moins grand nombre de lames minces fortement aimantées et réunies par leurs extrémités à deux blocs de fer séparés par une pièce de laiton. Les propriétés magnétiques paraissant confinées dans la couche superficielle, il semble tout naturel de remplacer un gros barreau par un grand nombre de lames minces fortement aimantées.

Après les aimants, nous avons à parler des appareils qui les emploient, c'est-à-dire des boussoles. Quant à celles qui servent spécialement à la marine, nous en avons déjà parlé au sujet des instruments de navigation. Nous signalerons ici la vitrine de M. Cathelas. Elle contenait de petites boussoles avec des aiguilles circulaires ou losanges. Ce qui pouvait paraître plus intéressant peut-être, c'étaient les extraits de quelques ouvrages touchant l'origine des aiguilles de boussole de forme circulaire. Fournier, dans son Hydrographie de 1643, propose d'employer une aiguille d'acier de forme courbe. Nicolas Bion 1752, dans un ouvrage sur la construction et l'usage des instruments de mathématiques, indique l'emploi d'une platine d'acier évidée de forme circulaire à deux pointes; enfin Muschenbroeck 1739, dans son essai de physique, propose une rose à trois anneaux, tandis que John Edwards, en 1798, se sert d'une plaque d'acier de forme ronde ou étoilée. Nous rapportons ces citations sans avoir pu les vérifier, mais il y a loin de ces essais ou de ces propositions à l'emploi défini et raisonné du compas à aiguille circulaire, par exemple.

Ce n'est pas que la question ne soit susceptible d'être reprise, et les travaux de M. Duter sur la distribution du magnétisme dans les plaques de tôle,

pourraient conduire à une étude analogue sur la distribution du magnétisme dans les anneaux, mais enfin de quelques idées plus ou moins vagues à la pratique, il y a loin.

Comme appareil de cours et de démonstration, citons celui de M. Stroumbo professeur à l'Université d'Athènes. C'est tout simplement la réunion sur un même support d'une aiguille de déclinaison et d'une aiguille d'inclinaison qu'on met successivement en place et qui se meuvent chacune sur son cercle divisé. L'idée en elle-même n'a rien que de fort simple, mais l'appareil construit par M. Ducretet, peut rendre quelques services dans l'enseignement, puisqu'il réunit deux appareils en un seul, et qu'il établit une relation entre la déclinaison et l'inclinaison en permettant de démontrer que c'est dans le méridien magnétique que l'inclinaison est minimum.

M. Carpentier, successeur de M. Ruhmkorff, exposait une boussole d'inclinaison du modèle Gambey. Sans doute, des instruments de ce genre, munis d'aiguilles spécialement travaillées ont fourni de très-bons résultats à MM. Bravais, Lottin, mais il est bien rare de trouver des aiguilles sans défaut, et les procédés de mesure ne conduisent plus à rien de bon, malgré toutes les corrections, si le centre de gravité est mal placé. C'est donc en réalité un instrument défectueux, s'il n'est pas parfait, car il ne faut pas compter sur les méthodes de correction indiquées d'ordinaire. Comme facilité d'observation et comme services rendus, il y a tout avantage à se servir du théodolite magnétique de Lamont, heureusement modifié par M. Marié Davy, et construit avec tant d'habileté par MM. Brunner.

IX. — ÉLECTRICITÉ.

L'électricité est une des forces de la nature qui nous présente le plus de mystères et nous réserve le plus de surprises. Née pour ainsi dire d'hier, elle a fait des progrès immenses et enfanté des merveilles. Les appareils, d'abord peu nombreux, au moyen desquels on l'étudiait et l'on manifestait ses effets se sont multipliés d'une manière considérable, à mesure que la science s'enrichissait de faits nouveaux. Aujourd'hui, c'est une des parties de la science physique les plus fécondes en découvertes et la multiplicité des faits recueillis oblige à des subdivisions nombreuses.

Bien que l'ancienne séparation entre l'électricité statique ou électricité des machines à frottement et l'électricité engendrée dans les piles tende de plus en plus à s'effacer, nous la conserverons pour faciliter les recherches. Évidemment, l'électricité est une, et l'on sait aujourd'hui produire des courants avec les machines à frottement, et des effets statiques avec les piles, mais la fusion n'est pas encore complétement opérée, une exposition dogmatique et méthodique manque encore et en attendant, nous nous conformerons à l'usage en maintenant séparées deux branches de l'électricité, qu'il y a mille raisons de confondre en une seule.

1. **Electricité statique.** — Sous cette dénomination, nous rangeons les appareils dans lesquels l'électricité est produite, soit directement par le frottement, soit par l'induction électro-statique et ceux qui servent à mesurer ou à manifester les effets de cette sorte d'électricité.

A. *Machines électriques.* — Les machines électriques ou producteurs d'électricité à l'état statique et à un haut potentiel, ont subi des modifications considérables depuis Otto de Guericke, Winckler, Boze, Nollet et même Ramsden. Déjà l'exposition de 1867 contenait les machines à frottement de Winter et de

Hempel. En 1878, nous n'avons aperçu qu'une seule machine du genre Ramsden, c'est celle du Dr Arthuis, exposée par M. Luizard. Le plateau de verre frotte encore entre des coussins portés par deux montants verticaux. Un conducteur isolé en forme d'arc et terminé par deux branches, embrasse le plateau. Toutes les pièces sont nickelées. En somme, ce n'est point une machine nouvelle et elle ne paraît pas devoir être bien puissante.

Il en est tout autrement de la machine exposée par M. Carré, et déjà bien connue. Elle dérive de la machine de Holtz, qui excita tant d'intérêt à l'Exposition de 1867, et forme pour ainsi dire un lien entre les machines à frottement et les machines sans frottement. Elle a tous les avantages des unes, et n'a point les inconvénients des autres. Cette machine représentée ci-contre (fig. 15), renferme un disque d'ébonite ou de verre frotté entre deux coussins de Ramsden, cuir bourré de crin et enduit d'or massif. Le secteur électrisé vient agir par induction sur un second disque d'ébonite et sur un peigne placé en arrière en communication avec la terre. Le secteur du second plateau ramené instantanément devant un second peigne, attaché à un gros cylindre métallique isolé, le charge finalement d'électricité à un potentiel élevé. La rapidité de la rotation des deux plateaux d'ébonite accumule bientôt une charge électrique considérable sur le cylindre. Une bouteille de Leyde de forme très-allongée, est accrochée au cylindre par son armature intérieure, et communique par son armature extérieure à la tige du peigne inférieur, c'est à dire qu'elle est, par cela même, en communication avec la terre. Une tige métallique, terminée par un bouton et en communication avec le peigne inférieur, et par suite avec la terre peut être approchée plus ou moins du gros cylindre horizontal. Quand on tourne un peu rapidement dans des conditions favorables, un flux d'étincelles très-longues et très-bruyantes éclate entre les deux conducteurs. Dans ses premières machines, M. Carré employait l'ébonite pour les deux plateaux, depuis quelque temps il se sert de verre pour le plateau frotté entre les deux coussins. Y a t-il grand avantage, nous n'en pouvons rien dire, mais nous pouvons affirmer que la machine Carré fonctionne d'une manière excellente quand le temps est un peu sec. Il suffit de faire sécher au feu les coussins, de les frotter avec un peu d'or massif, de frotter avec une flanelle bien chaude les isoloirs de verre et les disques d'ébonite. Dans ces conditions, la machine Carré fournit de l'électricité en quantité considérable et à un potentiel élevé, dont la machine ordinaire de Ramsden ne peut donner qu'une bien faible idée. C'est une machine toujours prête à fonctionner, qui peut illuminer plusieurs mètres de tubes de Geissler, percer des plaques de verre assez épaisses et charger en moins d'une minute une batterie de grande surface. Si l'on enlève le condensateur, les effets changent ; la distance explosive

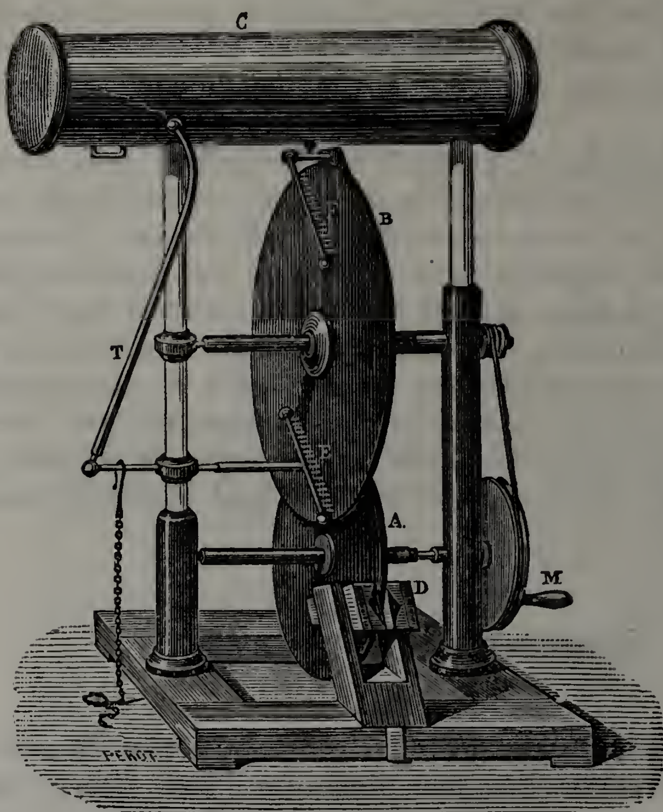


Fig. 15. — Machine Carré.

limite n'est plus la même, l'étincelle n'a plus la même forme, ni le même éclat, elle est plus silencieuse et sa couleur plus violacée. En somme, cette machine nous paraît la plus commode et la moins fragile des machines électriques. Un autre constructeur français, M. Luizard, exposait une machine analogue. Le plateau excitateur qui tourne entre les coussins est en verre. L'induction est exercée non plus par l'intermédiaire d'un disque d'ébonite, mais au moyen de deux plateaux de verre parallèles. Les conducteurs sont nickelés.

Dans la section italienne, M. Tecchi exposait une machine analogue à la machine Carré. Le plateau frotté entre les coussins est en verre, une toile cirée empêche la déperdition par l'air. Le plateau induit est en ébonite, un conducteur en forme de peigne denté, embrasse les deux faces. Cet arc est en ébonite, mais il renferme et protège un conducteur métallique terminé par des boules. Un grand condensateur tubulaire, argenté en dedans à la manière italienne, complète la ressemblance avec la machine Carré, dont celle-ci ne nous paraît qu'une imitation peu heureuse.

La machine Holtz faisait son entrée dans la science à l'Exposition de 1867, et nous avons décrit dans notre « Étude sur les instruments de physique, de l'Exposition de 1867 » les différents modèles renfermés dans les vitrines allemandes, car alors la fabrication en était presque exclusivement concentrée de l'autre côté du Rhin. Dans la section française du Champ-de-Mars, on trouvait, en 1878, des machines Holtz chez divers exposants. M. Carpentier Ruhmkorff qui, en France, a été l'un des premiers à construire la machine Holtz et qui en avait une déjà à l'Exposition de 1867, exposait une machine double à 4 plateaux. Cette machine est très-puissante et lorsqu'elle est bien amorcée et dans de fort bonnes conditions, elle est supérieure à la machine Carré, mais son amorçage est souvent très-difficile, et il nous est arrivé plus d'une fois d'être obligé d'employer la machine Carré pour amorcer la machine Holtz, bien plus sensible que l'autre aux influences atmosphériques. M. Luizard exposait aussi une machine Holtz à 4 plateaux à conducteurs nickelés. La machine Holtz la plus remarquable à l'Exposition était celle de M. Ducretet. C'est une machine double à 4 plateaux verticaux de 101 centimètres de diamètre. Le travail dû au dégagement de l'électricité est tel, qu'il faut deux hommes pour la faire tourner aussitôt qu'elle est amorcée. Les étincelles sont éclatantes et produisent un bruit assourdissant, elles ont 32 centimètres de longueur et elles auraient pu être augmentées. Dans la section italienne on voyait aussi une machine de Holtz mais avec des plateaux horizontaux.

A côté de la machine de Holtz, on remarquait à l'Exposition de 1867, une machine électrique assez ingénieuse, celle de Töpler, l'exposition russe de 1878 nous offrait encore un nouveau modèle de machine électrique, due au colonel du génie Teploff, et construite, paraît-il, par lui-même. M. Teploff a fait cadeau de la machine exposée au Collège de France et elle a été déjà étudiée par M. Mascart. M. Ducretet a été chargé d'en construire de semblables ou du moins du même genre, car suivant les indications de l'inventeur, un plateau supplémentaire serait ajouté, les étincelles de cette machine seraient plus longues que celles de la machine Holtz. Comme dans la machine Holtz, nous trouvons ici deux plateaux de verre portés par un axe horizontal, et animés d'un mouvement de rotation assez rapide, au moyen de poulies, et d'un cordon sans fin. Entre ces deux plateaux qui sont pleins, se trouve un troisième plateau de verre immobile, soutenu par des galets isolants. Il est percé d'un trou central pour laisser passer l'axe, et de deux fenêtres circulaires situées aux extrémités d'un même diamètre. Ces fenêtres sont armées de deux longues bandes de papier terminées d'un côté par des languettes qui se projettent dans l'ouverture de la fenêtre, et de l'autre par une pointe qui se trouve à

90° de distance, Sur la face externe de chacun des plateaux se projettent six peignes. Les peignes horizontaux sont portés par deux arcs conducteurs isolés. Les huit peignes quadrataux reliés deux à deux métalliquement, sont portés par les montants verticaux qui supportent l'axe de rotation. Le soubassement de la machine renferme quatre jarres ou condensateurs en verre, garnis d'étain à l'intérieur comme à l'extérieur. Les garnitures intérieures communiquent par des fils de cuivre couverts de caoutchouc et qui traversent la tablette supérieure avec les arcs métalliques garnis de peignes horizontaux, Les peignes quadrataux peuvent aussi être mis en communication avec les garnitures intérieures des condensateurs, au moyen de fils de cuivre couverts de caoutchouc.

La machine s'amorce comme la machine de Holtz, au moyen d'une lame d'ébonite frottée par une peau. Un électroscope placé dans le soubassement indique si la machine est suffisamment amorcée pour fonctionner ou non. En variant la nature des conducteurs qui établissent les communications des garnitures intérieures, des condensateurs avec les arcs, et des garnitures extérieures entre elles, on peut obtenir des étincelles de couleurs variées et d'un très-bel effet.

A côté des machines électriques, nous dirons quelques mots d'un appareil qui sert à en manifester les effets, l'excitateur universel. M. Ducretet exposait celui que M. Mascart a disposé, et qui se prête d'une manière si commode à la production des nombreuses expériences que permet la machine électrique. Les différentes pièces, qui peuvent se monter sur l'appareil et se remplacer les unes les autres, satisfont à toutes les exigences.

A côté de la machine électrique se place aussi la bouteille de Leyde, et ici, nous avons à mentionner une nouveauté très-répandue dans la section italienne, c'est la bouteille de Leyde argentée. Au lieu des feuilles d'étain, de clinquant que l'on met ordinairement dans les bouteilles, on a imaginé d'argenter par le procédé chimique la surface intérieure de la bouteille. On y gagne en surface.

B. *Électromètres.* — Les actions électriques sont souvent si faibles, qu'il faut parfois des appareils extrêmement sensibles pour les manifester. Bohnenberge, a fait connaître une disposition qui permet de déceler les traces d'électricité les plus minimes. Une feuille d'or est suspendue dans l'intérieur d'une cloche entre deux petites lames d'or isolées, qu'on peut d'ailleurs rapprocher ou éloigner à volonté, et qui peuvent être mises en communication avec les deux pôles d'une pile. Parfois on a employé une pile sèche de Zamboni, et M. Ducretet exposait un instrument de ce genre (fig. 16), mais on sait que les piles sèches cessent souvent de fonctionner sans cause apparente, aussi vaut-il mieux se servir de piles à tubes dont les éléments sont moins nombreux il est vrai, mais qu'il est plus facile de surveiller, de monter et de régler au besoin. En adaptant à l'appareil une garniture métallique qui préserve la feuille d'or des effets de l'induction des corps voisins et en montant les supports des plaques dorées sur une vis à filet fin, qui permet de donner aux plaques la distance que l'on veut, on constitue un instrument d'une très-grande sensibilité et d'un emploi assez commode. C'est alors l'électromètre de Hankel.

Il y a mieux encore, et l'électromètre Thomson à miroir et à suspension bifilaire paraît être le dernier mot dans cet ordre d'appareils. Cet instrument n'est pas aussi connu et employé qu'il le mérite, malgré sa délicatesse. On a cherché à le simplifier et tout d'abord on a proposé de supprimer le *replenisher*, petite machine électrique destinée à modifier la charge de l'aiguille d'aluminium. Une manœuvre bien simple permet en effet de s'en passer; dans

ce cas, il faut charger l'aiguille en excès, alors la balance d'aluminium est fortement attirée par le disque électrisé, et le fil horizontal du bec ne vient pas se placer entre les deux points noirs de repère. Si l'on vient à projeter l'haleine humide sur la tige du chargeur pendant qu'il est en contact avec la plaque méallique à laquelle est attaché le tube de garde, on voit l'électricité de l'aiguille se dissiper peu à peu, ainsi que celle de la plaque, le grand bras de la balance descend lentement et quand le fil est entre les deux points noirs, on rompt la communication du chargeur avec la plaque. L'aiguille isolée conserve alors sa charge, autant du moins que le permettent les conditions d'isolement dans lesquelles elle se trouve, et surtout la nature du verre qui constitue le diélectrique de la bouteille de Leyde.

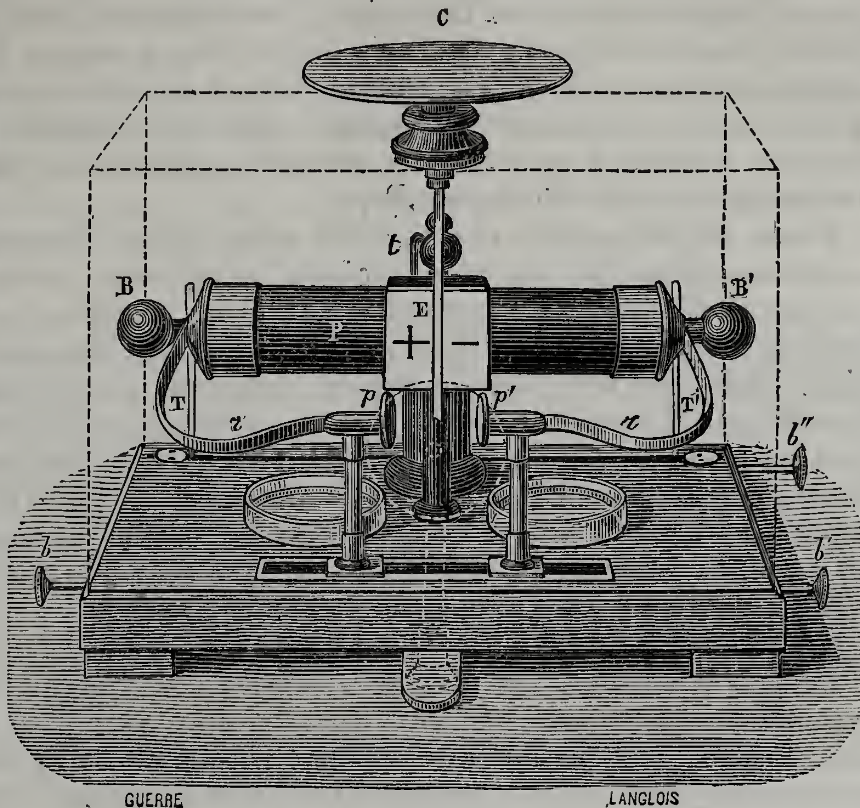


Fig. 16. — Electroscope Bohnenberger.

Pour pouvoir en faire un appareil enregistreur, M. Mascart a dû modifier un peu la disposition de sir W. Thomson. MM. Ducretet et Carpentier Ruhmkorff exposaient chacun un électromètre Thomson modifié.

Signalons aussi une modification du même genre due à M. Branly qui supprime aussi le *replenisher* et la balance qui permet de maintenir toujours la charge de l'aiguille au même degré. Le miroir devenait inutile dans l'instrument de M. Mascart, il est indispensable au contraire, dans le modèle de M. Branly. Ici, la force directrice de l'aiguille est donnée par le fil métallique de la suspension, elle est considérable auprès de la force directrice due à la suspension bifilaire à deux fils de cocon. C'est surtout M. Bourbouze qui se livre à la construction de l'électromètre Thomson Branly et nous avons regretté de ne pas voir figurer parmi les exposants de la classe 15, un constructeur aussi habile. M. Branly ramène l'électromètre Thomson à ses éléments les plus simples, l'aiguille d'aluminium et les quadrants remplacés ici par des secteurs plans. Plus de condensateur, plus de balance, plus de tube et de plaque de garde, en un mot, un instrument beaucoup plus simple, mais aussi, bien moins sensible.

Un électromètre d'un tout autre genre figurait dans les vitrines de M. Bréguet et de M. Ducretet, nous voulons parler de l'électromètre Lippmann. Cet appareil permet d'observer des phénomènes électriques de courte durée; il montre nettement la variation électrique qui accompagne la contraction musculaire et donne le millième de la force électromotrice d'un élément Daniell.

2. **Electricité dynamique.** — L'électricité dynamique que nous traitons à part pour les raisons indiquées plus haut, s'occupe spécialement des moyens

de produire l'électricité autrement que par le frottement. Elle comprend donc à la fois et les générateurs électriques dus aux actions chimiques, et connus sous le nom de piles et tous les appareils qui en dérivent. L'activité intellectuelle et le génie inventif s'exercent surtout dans son domaine si fertile en découvertes.

A. *Piles.* — Ce nom emprunté à la disposition primitive de Volta, s'applique aujourd'hui à des appareils qui ne semblent plus avoir aucun rapport avec l'instrument du célèbre physicien italien. Quel pas franchi depuis la pile à colonne, jusqu'à la pile Bunsen ou Leclanché. Les différents modèles de piles se succèdent continuellement, chacun cherchant à produire l'électricité dans des conditions plus avantageuses, sous le rapport du prix ou de la commodité. Nous n'avons pas la prétention de signaler tous ceux qui ont été présentés, mais dans ces derniers temps des dispositions ingénieuses ont été indiquées, et plusieurs figuraient au Champ-de-Mars.

Disons de suite que la pile de Volta a été établie d'une manière avantageuse et qui supprime l'un des inconvénients principaux qu'elle présente. Les éléments métalliques, en comprimant les draps mouillés, les dessèchent, et par suite la résistance augmente à un tel point, que l'intensité du courant tend rapidement vers zéro. Dans la section hongroise, on trouvait une pile de Volta exposée par M. Görög, mais au lieu de la disposer verticalement, il la place horizontalement. Les disques sont carrés, l'une des diagonales est verticale et deux côtés du disque appuient sur des lames ou des tiges de verre placées horizontalement. De la sorte, l'excès de liquide s'écoule facilement, mais les disques ne compriment plus les draps d'une manière fâcheuse. Quant aux autres inconvénients de la pile de Volta, il subsistent tout entiers.

M. Pulvermacher est bien connu pour ses piles formées de fils de cuivre et de zinc et destinés aux usages médicaux. Il exposait un nouveau modèle ingénieux, dans lequel le courant doit être constant, grâce à la dépolarisation exercée par l'oxygène de l'air. Le métal attaqué est encore le zinc, et pour liquide excitateur on peut prendre l'eau pure ou aiguisée d'acide sulfurique. Le vase qui renferme ce liquide est un vase poreux de piles, et tout autour est enroulé un fil d'argent, qui doit constituer la lame positive. Des bulles d'hydrogène viennent s'y dégager, et grâce au contact de l'air elles donnent de l'eau, en faisant ainsi disparaître la force électromotrice inverse de polarisation.

M. Trouvé peut être revendiqué par la classe 15, il y a donc lieu de signaler ici la modification qu'il a proposée pour la pile à sulfate de cuivre. L'élément sec qu'il a imaginé peut rendre service dans bien des cas. Il se compose de disques de papier buvard empilés entre deux plaques de cuivre et de zinc. La plaque de cuivre est en dessous, elle porte fixé à son centre un fil de cuivre couvert de gutta-percha, qui traverse le cylindre de papier, et vient constituer au dehors, l'électrode positive. L'électrode négative est formée par un fil qui, comme le premier, aboutit à une borne. En plongeant à moitié le cylindre de papier dans une dissolution saturée chaude de sulfate de cuivre, on rend le papier conducteur, et on l'imprègne de sels pour permettre le développement de l'action chimique. De la même façon, l'autre moitié est imprégnée de sulfate de zinc et l'élément est prêt à fonctionner. Quand le sulfate de cuivre est décomposé ou que la pile est trop sèche, on la plonge de nouveau dans une solution de sulfate de cuivre, le sulfate de zinc ne faisant jamais défaut. Avant de quitter les piles à sulfate de cuivre, c'est ici le lieu de mentionner la disposition proposée par sir W. Thomson, et que construit M Bréguet. Cette pile est formée de plateaux creux de bois recouverts de plomb pour les rendre étanches. Au fond est une feuille de cuivre qui forme l'électrode positives

Un morceau de zinc en forme de gril repose sur quatre morceaux de bois placés dans l'auge en bois. C'est sur lui que porte la garniture de plomb de l'élément supérieur, car ces éléments sont réellement empilés les uns sur les autres. La pile se charge avec une solution de sulfate de zinc, et l'on ajoute des cristaux de sulfate de cuivre tout autour du plateau et au fond. En somme, c'est une pile de Daniell, à grande surface et à résistance intérieure presque nulle. On superpose ainsi 8 à 10 éléments et si l'on veut en employer un plus grand nombre on en fait plusieurs piles. La résistance intérieure étant extrêmement faible, l'intensité du courant est considérable, aussi peut-on produire de la lumière électrique avec des piles de ce genre. Un seul élément suffit à rougir un fil de platine, et à montrer que la pile de Daniell ordinaire, qui ne peut être employée dans le service des torpilles pour enflammer une amorce, fournirait pourtant des résultats efficaces, si on lui donnait une grande surface. Une grande constance unie à une résistance négligeable, tel est le caractère de cette pile qui présente pourtant un inconvénient, car il faut la nettoyer souvent, éviter les dépôts métalliques qui s'y forment et maintenir avec soin les contacts métalliques.

Dans l'exposition de la Grèce, on voyait une pile exposée par M. Grabinger d'Athènes, elle est formée de zinc et de charbon. Quant au liquide, il serait formé de sulfate d'ammoniaque et de manganèse, et donnerait, dit l'auteur, une grande constance à l'élément, dont le bouchon est soigneusement luté.

En revenant à la section française, nous nous trouvons devant un inventeur qui a touché à bien des sujets d'une manière plus ou moins heureuse. Nous voulons parler de M. Delaurier. Depuis bien longtemps déjà, il a préconisé divers mélanges pour liquides excitateurs et indiqué des dispositions destinées à produire des effets comparables à ceux des piles Bunsen. L'invention date de 1869. Les avantages consistent en une grande régularité d'action et l'absence de dégagement gazeux.

M. Gaiffe exposait plusieurs modèles de piles, entre autres les piles Marié Davy, si connues et si appréciées auxquelles une petite modification a été apportée. Au lieu d'employer le sulfate de mercure seul, il paraît plus avantageux, au point de vue de la résistance intérieure, de le mélanger avec du coke en fragments, de la grosseur d'un grain de blé. L'action paraît beaucoup plus constante. En 1878, M. Gaiffe a proposé un couple au broxyde de manganèse, monté d'une manière particulière destinée à le rendre peu coûteux, facile à charger et durable. Le vase poreux en terre a été remplacé par un vase en charbon à large surface dépolarisante, qu'on peut vider et remplir de nouveau sans démonter le couple. Le liquide excitateur est une solution de chlorure de zinc qui n'aurait pas, dit l'auteur, les inconvénients du chlorure alcalin. Le métal attaqué est encore ici, une tige de zinc amalgamé.

Nous arrivons enfin à la pile qui semble appelée à remplacer presque toutes les autres, et dont l'usage s'est considérablement répandu, c'est-à-dire à la pile Leclanché. En 1866, M. Leclanché a construit son premier modèle de pile à vase poreux, et sans vouloir passer ici en revue les différents intermédiaires, nous dirons que le modèle qui semble devoir définitivement prévaloir, est celui qui réunit la plus grande simplicité au prix le plus réduit et à l'entretien le plus facile. Une plaque de bioxyde de manganèse aggloméré, est appliquée sur une lame de charbon de cornue qui porte le bouton positif. Deux jarretières de caoutchouc suffisent à assurer le contact. Le crayon de zinc amalgamé terminé par un fil de cuivre étamé forme le pôle négatif ; il est séparé de la plaque dépolarisante par deux coins en bois et serré contre elle par des jarretières, de manière à former un seul bloc avec elle et avec la lame de coke. Le

tout est plongé dans la dissolution de sel ammoniac que contient le pot de grès ou le vase de verre.

Quand la pile aura servi très-longtemps, la plaque de bioxyde aura perdu ses propriétés dépolarisantes; quoi de plus facile que de la changer. On voit donc, qu'au point de vue de la simplicité et de l'entretien, on ne peut rien trouver de mieux. Les autres avantages de cet élément sont trop connus pour que nous les rappelions ici.

Nous terminerons le paragraphe consacré aux piles, en disant un mot des piles thermo-électriques destinées à remplacer les piles hydro-électriques, et qui, jusqu'ici, n'ont pas donné de résultats bien satisfaisants. M. Clamond a longuement étudié le problème de la production abondante et économique de l'électricité, par l'action de la chaleur sur les soudures métalliques. Il paraît être arrivé à une solution satisfaisante, mais son appareil qui peut être assimilé à un calorifère chauffé par un foyer ordinaire, dans lequel est brûlé un combustible quelconque, n'a été présenté à l'Académie des sciences que tout dernièrement, et n'a pas encore reçu la sanction complète de l'expérience.

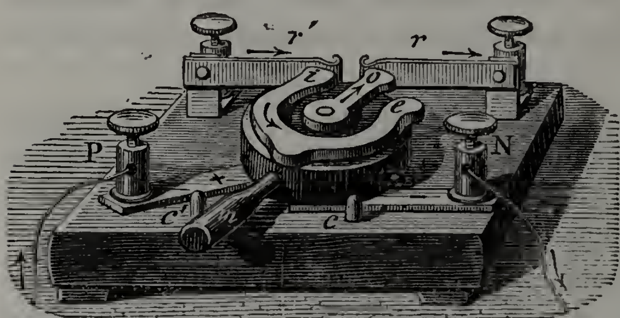


Fig. 17. — Commutateur Bertin.

A côté des piles, se placent les appareils qui servent à les faire fonctionner, à les régler. M. Ducretet exposait deux appareils de ce genre. Le premier est l'inverseur ou commutateur Bertin (fig. 17) connu déjà depuis longtemps et qui présente sur la plupart des autres appareils de ce genre, l'avantage de montrer d'une manière bien nette le sens du courant dans les appareils en expérience. Le second est le régulateur de M. Mouton. Cet appareil est destiné à régulariser la marche des moteurs électriques. Si le courant est trop fort, l'appareil marche trop vite, alors un régulateur à force centrifuge de Watt se relève et fait sortir de deux godets pleins de mercure deux cylindres rhéostatiques qui sont compris dans le circuit de la pile. L'intercalation d'une plus grande longueur de fil, et par suite d'une plus grande résistance diminue l'intensité du courant et la ramène à sa valeur normale.

B. *Effets des piles.* — Les effets des piles sont très-nombreux et très-variés, ils se manifestent par des appareils de structure très-différente, et qui n'étaient pas tous représentés au Champ-de-Mars, aussi ne pourrons-nous dans cette étude chercher à établir une classification méthodique et complète. Pour la facilité de la recherche et du travail, nous distinguerons plusieurs groupes parmi les appareils fondés sur le passage des courants.

Eclairage électrique. — Tout d'abord, nous signalerons la tendance très-marquée des inventeurs à faire pénétrer l'électricité dans les usages domestiques, Les sonneries et les avertisseurs sont déjà très-répandus, l'éclairage cherche à prendre droit de cité, sinon dans les maisons, du moins dans les usines, les grands magasins, les rues, les boulevards. La divisibilité de la lumière électrique, tel est le grand problème qui préoccupe tant d'esprits ingénieux.

Jusqu'à présent, l'arc voltaïque ne se produit avec énergie et commodité qu'entre des baguettes de charbon. Parmi les meilleurs que l'on puisse employer, il faut signaler ceux de M. Carré. Les charbons préparés à la filière sont plus tenaces et plus rigides que les charbons de coke, on en obtient depuis un jusqu'à vingt millimètres de diamètre. Leur homogénéité donne une grande

fixité à la lumière, ils sont cylindriques et peuvent être fabriqués sur une longueur d'un mètre. M. Carré en exposait toute une collection.

Les charbons sont, ou bien disposés de manière à brûler sous forme de bougie, ou bien conduits par des appareils régulateurs. Le système Jablochkoff est déjà si répandu et si connu, qu'il est à peine utile d'insister. Disons pourtant quelques mots de l'éclairage sans régulateurs, le seul certainement qui soit appelé à se répandre d'une manière vraiment générale. Le courant électrique produit par une machine d'induction, sur laquelle nous reviendrons plus loin, arrive aux deux électrodes de charbon placés en regard, et fait éclater entre eux l'arc voltaïque qui constitue la lumière électrique. Des difficultés considérables se sont produites au début, par suite de la mauvaise qualité des charbons. Actuellement, on semble arrivé à des résultats à peu près satisfaisants, grâce aux charbons artificiels Carré, Gandoin, etc. Si le courant a toujours la même direction, la tige de charbon, qui est du côté positif, s'use à peu près deux fois plus vite que l'autre, par suite du transport continuel de matière qui se fait du pôle positif au pôle négatif; il faut par suite lui donner une section double ou le faire avancer deux fois plus vite. Si le courant est alternatif, c'est-à-dire se compose d'une succession de courants qui changent alternativement de sens, les deux électrodes doivent être égaux, et c'est ce que l'on réalise dans les bougies en charbon. Le redressement des courants présente des difficultés qui font préférer l'emploi des courants alternatifs. Déjà de nombreuses tentatives avaient été faites pour constituer une bougie électrique, M. Jablochkoff en mettant les deux tiges côte à côte, a évité des difficultés de plus d'un genre. Les deux baguettes de charbon sont isolées l'une de l'autre par une couche de kaolin ou mieux de plâtre, et leurs extrémités inférieures s'engagent dans des douilles de laiton qui servent à faire passer le courant. Au sommet, une petite tige conductrice réunit les deux baguettes. Quand les courants passent, cette tige s'échauffe, fond, se volatilise, et détermine la production de l'arc. La matière isolante interposée s'échauffe, fond, se volatilise en partie, et rend l'espace compris entre les charbons plus conducteur qu'il ne l'eût été sans cela. La résistance de l'arc étant diminuée, les courants sont moins affaiblis et l'on peut alors placer plusieurs bougies dans le même circuit. Malheureusement elles s'usent assez vite.

On en place habituellement 3 ou 4 à côté l'une de l'autre, et, quand la première est consumée, on introduit la seconde dans le circuit, au moyen d'un commutateur. M. Jablochkoff n'avait pas exposé dans la classe 15, mais ses travaux se rattachent tellement à notre sujet, qu'il ne nous est pas possible de le passer sous silence. Depuis la clôture de l'Exposition, un pas nouveau et considérable a été fait. M. Jamin a simplifié les bougies et étendu leur emploi. Il supprime la matière isolante qui les sépare et les fait passer dans deux garnitures métalliques dans lesquelles on peut les faire glisser pour les ajuster. Une distance de 2 à 3 millimètres les sépare. Les charbons sont entourés par un circuit directeur composé de cinq à six spires repliées sur un cadre rectangulaire mince de 40 centimètres de longueur et de 15 centimètres de largeur. Ce cadre traversé par le même courant que les charbons et dans le même sens, amène et fixe l'arc voltaïque à l'extrémité des pointes. L'allumage est automatique, car on a réuni le bout des charbons par un petit fil de fer maintenu par une jarretière de caoutchouc. Le courant échauffe le fer qui brûle le caoutchouc; les charbons ramenés l'un vers l'autre s'écartent alors, et l'arc éclate. En employant des charbons d'un mètre, on pourra faire brûler la lampe pendant douze heures. Un mécanisme spécial les pousse tous les deux à mesure qu'ils brûlent, et donne de la fixité au point lumineux. En réalité, il n'y a plus de bougies à construire, il suffira d'avoir le support et de le garnir de deux char-

bons. M. Jamin a reconnu qu'il y avait tout avantage à faire brûler les charbons en leur mettant la pointe en bas au lieu de les disposer comme l'a fait M. Jablochkoff.

En tournant les pointes des charbons vers le sol, on obtient plus de régularité. Tandis que l'arc voltaïque tend à monter le long des charbons, le circuit directeur le refoule, l'abaisse, et le loge entre les pointes distantes de 7 à 8 millimètres. L'arc est moins long, moins large, moins épanoui, plus dense, par conséquent plus chaud, et le nombre des foyers pourra être augmenté. M. Jamin énumère, comme il suit, les avantages de son nouveau brûleur électrique : 1° simplicité, aucune préparation préliminaire, tout le mécanisme se réduit au support et aux deux charbons ; 2° économie, puisqu'on arrive à doubler presque le nombre des flammes ; 3° augmentation de lumière, puisque chacun des nouveaux foyers est presque deux fois plus puissant que les anciens ; 4° lumière plus blanche ; 5° disposition avantageuse des foyers qui dirigent la plus grande somme de lumière vers le bas, au lieu de la perdre vers le ciel ; 6° économie du combustible, puisque l'usure est moindre en raison de la grosseur des charbons.

Bien que l'avenir paraisse appartenir aux bougies électriques, les régulateurs ne sont pas encore tout à fait abandonnés, et l'on pouvait en voir au Champ de Mars de bien des systèmes. Nous mentionnerons tout d'abord le régulateur Duboscq l'un des plns anciens, et le régulateur Foucault que construit également M. Duboscq, et qui sont bien connus l'un et l'autre. M. Postel Vinay exposait un régulateur Serrin, dont on trouvait un exemplaire à l'exposition de M. Bréguet. Les avantages de ce régulateur sont trop connus pour que nous en parlions longuement, c'est lui que l'on préfère généralement jusqu'ici, et c'est lui qu'on emploie dans les phares et pour l'éclairage des navires. Dans la section Suisse, on voyait un régulateur construit par la Société Genevoise et par M. Burgin. L'inventeur attribue à sa lampe une grande supériorité sur les autres appareils, au point de vue de la fixité et de la rapidité du réglage, aussi bien que pour sa simplicité et sa solidité. Cette lampe peut se construire de deux façons, soit avec un point lumineux fixe, soit avec un point lumineux variable ; dans ce cas, le charbon supérieur est immobile, ce qui permet de simplifier notablement la construction de l'appareil. Les deux systèmes permettent l'emploi de charbons de 50 centimètres.

L'art de la guerre et la marine militaire se sont depuis longtemps emparés de la lumière électrique. Nous ne pouvons quitter ce sujet sans mentionner ici l'exposition de MM. Sautter, Lemonnier et C[ie], bien qu'elle n'appartienne pas à la classe 15. Pour l'examiner au point de vue des applications spéciales, nous devons parler pourtant des machines électriques et des lampes qui étaient exposées. Les machines électriques destinées à produire la lumière sont les machines Gramme à barres d'électro-aimants, sur lesquelles nous reviendrons, et qui peuvent être mues soit à bras, soit à l'aide d'un moteur Brotherhood.

Les lampes sont des lampes Serrin, munies soit du réflecteur parabolique, au foyer duquel on place le point lumineux, soit d'un projecteur lenticulaire constitué par une lentille Fresnel à trois échelons et par des anneaux réflecteurs. En somme, la lumière électrique est une des spécialités de la maison Sautter si connue à d'autres titres, et l'électricité qui nous occupe ici est, chez M. Sautter, l'objet d'études suivies au point de vue de l'application industrielle.

Pour ne pas quitter les applications de l'électricité, disons un mot de l'horlogerie électrique. A l'exposition suisse, M. Hipp, dont la réputation n'est plus à faire, exposait son régulateur électrique si connu déjà, et si répandu, dans

lequel l'électricité n'intervient que pour restituer au pendule l'amplitude qu'il a perdue.

En continuant à étudier les appareils qui manifestent les effets des piles, nous abordons actuellement les instruments de laboratoire ou de cours qui méritent d'appeler notre attention. Les actions mutuelles des courants, avaient jadis donné lieu à la construction de la table d'Ampère, sur laquelle ce savant avait groupé les divers appareils nécessaires à la manifestation des lois des courants. Plus tard, Pouillet avait fait adopter des appareils séparés, plus maniables en apparence. M. Bertin est revenu à la table d'Ampère, mais il lui a donné des dimensions moins considérables et en a fait un appareil tout à fait

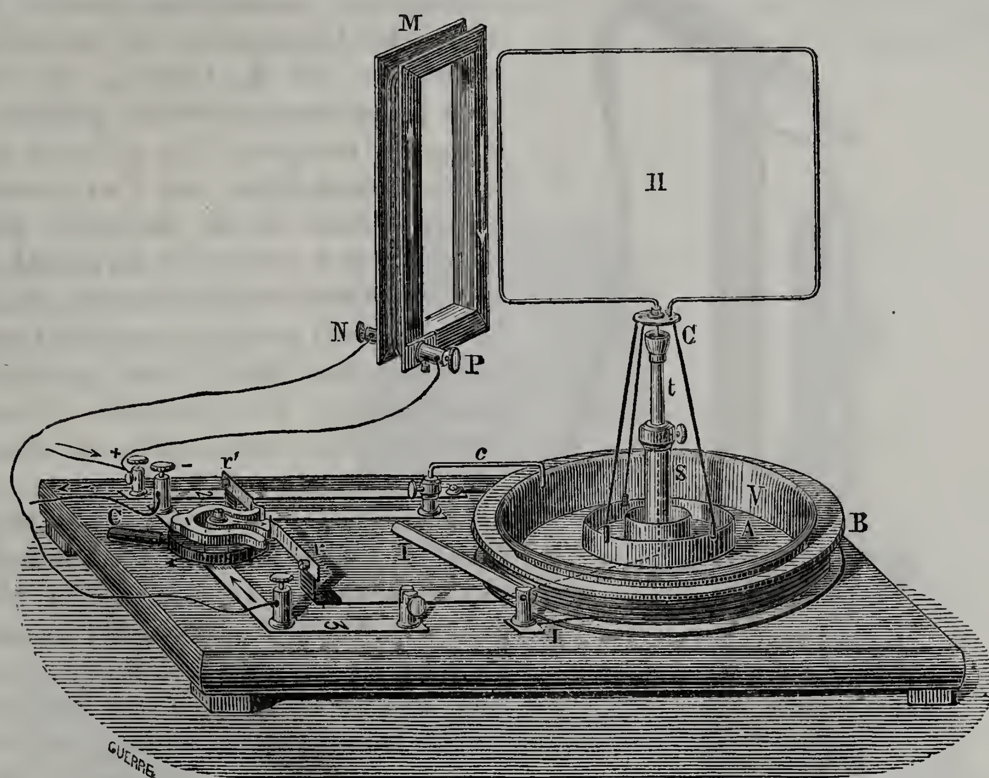


Fig. 18. — Table d'Ampère modifiée.

commode (fig. 18). C'est M. Ducretet qui la construit. Elle est armée du commutateur imaginé par M. Bertin, et qui indique si bien la marche du courant. Quant aux équipages mobiles, ils portent sur une seule pointe, ce qui leur assure une mobilité excessive, ils peuvent être remplacés commodément, et ils se placent sur un support dont le centre de gravité est très-bas. Des dispositions de détail que nous ne pouvons indiquer ici, permettent de faire avec cet appareil, toutes les expériences relatives à l'action mutuelle des courants, et aux rotations des équipages mobiles traversés par les courants, ainsi qu'à l'action des aimants sur les courants. Signalons aussi un appareil du même genre dû à M. Bourbouze, et qui est fort ingénieux. L'équipage mobile repose par une pointe dans une coupe à mercure supportée par une tige verticale; il porte, lui aussi, une coupe à mercure dans laquelle plonge une seconde pointe d'acier, ce qui assure le passage du courant et donne à l'équipage une mobilité excessive. L'appareil se prête un peu moins facilement à la réalisation de quelques expériences que l'appareil de M. Bertin.

Deux exposants méritent d'être cités ici non pas tant à cause de l'originalité de leurs appareils ou de leur perfection, qu'en raison du but qu'ils poursuivent, ce sont MM. Loisean et Combettes. Propager le goût des expériences, installer des appareils qui laissent parfois à désirer, il est vrai, sous le rapport de la

précision ou de la sûreté de la manœuvre, mais qui en somme, permettent de reproduire la plupart des phénomènes de l'électricité statique et dynamique, donner aux amis des sciences la possibilité d'acquérir des appareils peu coûteux et suffisants pour la plupart : tel est le but que se sont proposés ces constructeurs. Sans doute, un cabinet de physique un peu important s'adressera aux grands constructeurs, mais celui qui tient à acquérir, à peu de frais, des instruments de démonstration et non pas des instruments d'étude, trouvera à s'approvisionner chez ces deux fabricants.

Les piles secondaires ont depuis longtemps excité l'attention, et déjà à l'Exposition de 1867, une batterie de polarisation assez importante figurait parmi les instruments de physique. Les recherches de M. Planté, qui s'occupe avec persistance de cette question, l'ont amené à imaginer des piles et une machine rhéostatique que l'on pouvait voir à l'exposition de M. Bréguet. Les piles secondaires à électrodes de plomb sont de véritables réservoirs d'énergie électrique. Elles peuvent produire, pendant quelques minutes, des effets d'une puissance extraordinaire. Des batteries secondaires bien formées, c'est-à-dire de cinq à dix ans de service peuvent conserver leur charge maxima pendant plusieurs mois. Quant à la machine rhéostatique de M. Planté, c'est une extension de la pile précédente. Au lieu d'éléments secondaires, ce sont de véritables condensateurs que l'on charge en assemblant les lames de même nom. Leur décharge par cascade donne des effets analogues à ceux des bobines d'induction de grandes dimensions, mais sans présenter toutefois d'interruption ni de discontinuité comme ces dernières, car ici on a affaire à une suite de courants de même sens et non pas à une série de courants alternatifs. M. Planté a fait connaître par plusieurs communications à l'Académie des sciences, les effets obtenus avec sa machine rhéostatique.

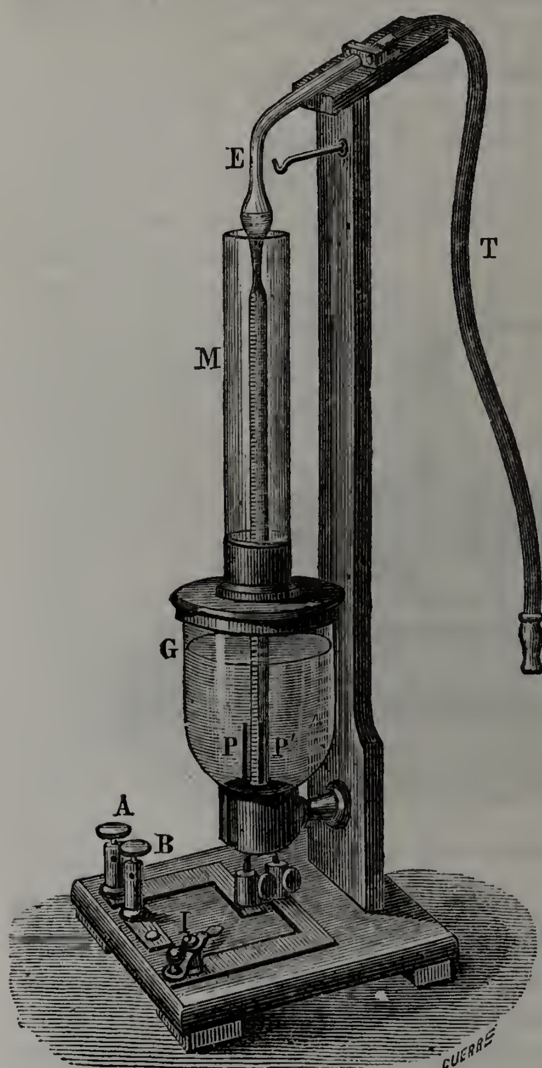


Fig. 19. — Voltamètre Bertin.

La décomposition électro-chimique joue un grand rôle, soit dans la préparation et le dépôt des métaux, soit dans la mesure de l'intensité des courants. Le voltamètre de Faraday a reçu, par suite, des modifications nombreuses, et nous en signalerons quelques-unes qui figuraient à l'Exposition et qui méritent d'être citées. M. Bertin, dont on retrouve l'intervention heureuse dans presque toutes les parties de l'électricité, a fait connaître une disposition très-simple et très-commode du voltamètre comme instrument destiné à mesurer l'intensité des courants (fig. 19). L'hydrogène seul est recueilli et mesuré, et pour faciliter les corrections de température, la cloche qu'il remplit est au centre d'un manchon d'eau à température à peu près constante, et dans laquelle plonge un thermomètre. On emplit la cloche par aspiration. Un robinet placé sur le trajet, permet d'arrêter le niveau à la division que l'on désire. Une autre disposition imaginée

par M. Gaiffe, figurait à son exposition. Les deux gaz sont recueillis dans deux cloches étroites et finement graduées, dont l'extrémité porte un robinet de verre et une poire de caoutchouc. De la sorte, on emplit facilement et très-vite les cloches du liquide à électrolyser et, sans rien démonter, on peut renouveler l'expérience aussi souvent qu'on le voudra. La Société Genevoise exposait un voltamètre à une seule cloche, dit voltamètre à bascule, mais nous n'avons pas pu voir en quoi consistait l'originalité de cet instrument.

C. *Electro-magnétisme.* — L'action réciproque des courants et des aimants, a donné naissance à des applications excessivement nombreuses, et plusieurs d'entre elles étaient représentées au Champ de Mars. Signalons tout d'abord, l'appareil exposé par M. Delaurier, un chercheur infatigable, qui depuis longtemps déjà,

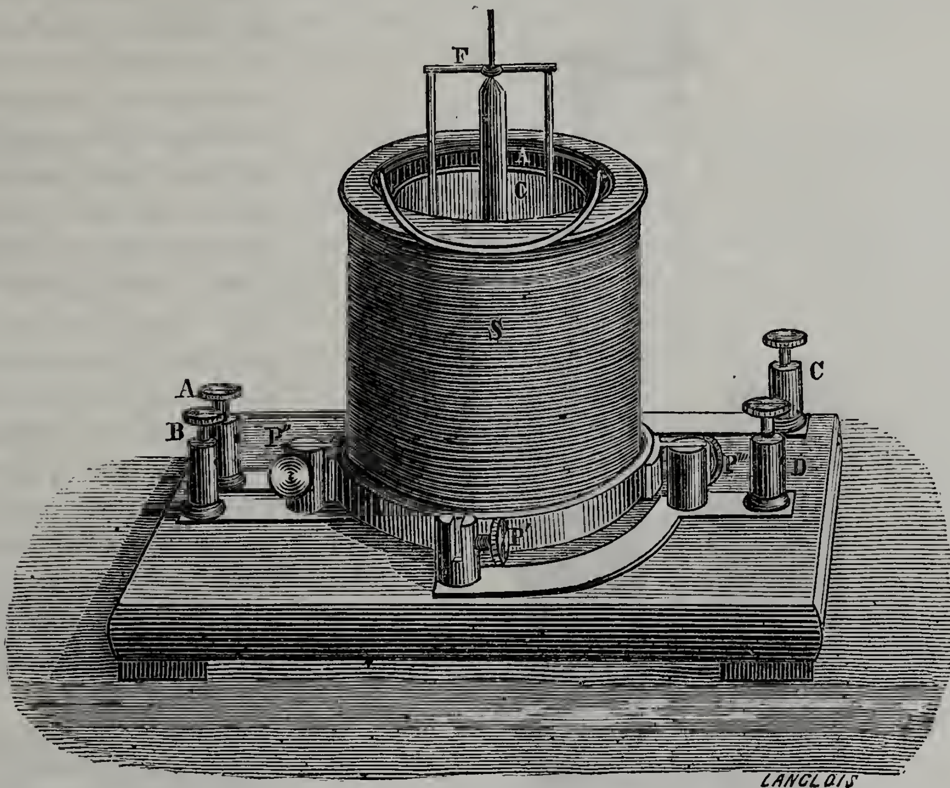


Fig. 20. — Appareil Bertin.

a attiré l'attention sur un fait relatif à l'action des courants sur l'aiguille aimantée. En 1869, M. Delaurier dans une communication adressée à l'Académie des sciences a fait remarquer, ce qui était évident d'ailleurs, *à priori*, que puisque la déviation change de sens, quand le conducteur passe d'un côté à l'autre, la déviation doit être nulle, si le courant traverse l'aiguille. Il en résulte quelques conséquences assez intéressantes que M. Delaurier n'a pas indiquées et que nous avons pu reconnaître dans une série d'expériences dont nous nous proposons de publier bientôt les résultats. Nous avons pu constater qu'il y a une distance du courant à l'aiguille pour laquelle la déviation est maximum; que le calcul conforme d'ailleurs à l'expérience indique bien l'existence de cette position et permet de la rattacher aux diverses conditions de l'expérience dont nous achevons l'étude en ce moment. Les deux galvanomètres exposés par M. Delaurier se rattachent à cette question.

M. Ducretet exposait un œuf électrique de Delarive, qui permet d'étudier l'action des aimants sur les courants et en particulier la rotation de ces derniers. Déjà en 1867, la Société gênevoise exposait un appareil analogue, que nous avons décrit et figuré, et au moyen duquel M. Delarive reproduit les phéno-

mènes de l'aurore polaire. Le même constructeur, dont l'exposition était fort variée et très-soignée, exposait aussi un appareil dans lequel un liquide traversé par un courant et soumis à l'influence d'un aimant éprouve des mouvements de rotation. Cet appareil est dû à M. Bertin. L'intérieur de l'électro-aimant, reçoit un cylindre de fer doux mobile ainsi qu'une petite cuve dont le liquide conducteur fait partie du courant qui circule dans l'électro-aimant. Lorsque le cylindre de fer doux est enlevé, le liquide tourne sous l'influence du courant. La rotation diminue et cesse si l'on introduit le cylindre de fer doux, les actions sont alors contraires et s'annulent. L'appareil est représenté dans la figure 20.

Dans la section danoise on pouvait voir un appareil ingénieux dû à M. Lacour C'est la roue phonique. Elle est formée d'une roue dentée en fer doux, qui tourne autour de son axe de manière que ses dents passent très-près des pôles d'un électro-aimant sans le toucher. Un courant intermittent réglé par un diapason vibrant traverse les spirales de l'électro-aimant. La roue tourne avec une vitesse telle qu'elle parcourt pour chaque période du courant un chemin égal à la distance qui existe entre deux dents. Elle conserve par suite un mouvement uniforme. Pour faciliter la mise en marche et assurer la stabilité du mouvement, il y a sur la roue une capsule annulaire en bois, qui renferme du mercure, et qui fait l'office d'un volant. D'après l'auteur, on peut utiliser la roue phonique comme chronographe ou bien pour déterminer le nombre des vibrations d'un son donné en mettant sur l'axe une vis sans fin qui actionne un compteur. Deux roues phoniques dont les électro-aimants sont traversés par le même courant ont une marche absolument synchrone, dit l'auteur.

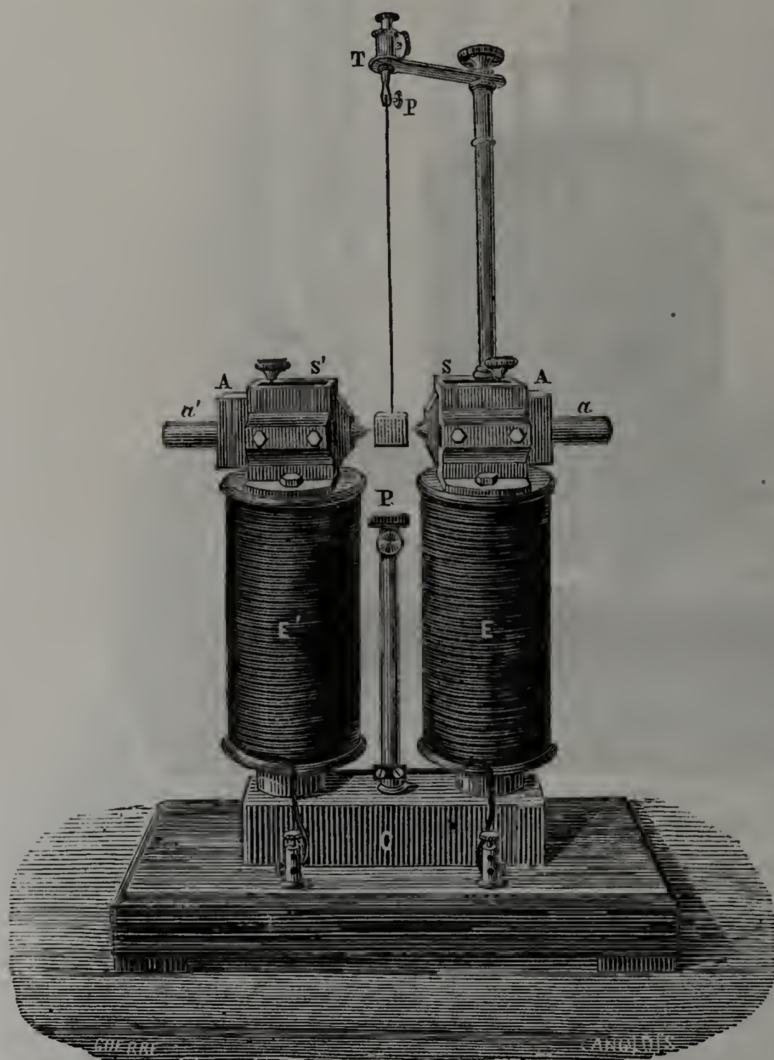


Fig. 21. — Appareil Faraday.

Les électro-aimants se rencontrent dans presque tous les instruments d'électricité; aussi la découverte d'Arago aura-t-elle été l'une des plus fécondes.

M. Ducretet qui s'occupe plus spécialement des appareils électriques exposait des électro-aimants de tout genre. Deux modèles surtout se recommandent et constituent les appareils auxquels on accole les noms de Faraday et de Foucault. Le premier est employé à étudier l'action des aimants puissants sur les corps. Il crée un champ magnétique d'une grande puissance, et permet de

constater le diamagnétisme de certains corps, l'action du magnétisme sur la lumière polarisée, etc. Il est représenté dans la figure 21, sous l'une des formes les plus commodes. Une autre disposition est souvent employée aussi, dans laquelle les électro-aimants sont horizontaux. Le même électro-aimant peut être employé soit à montrer, comme l'a indiqué Foucault, la transformation du travail en chaleur par l'intermédiaire de l'électricité, soit l'induction péripolaire de M. Le Roux.

Deux autres exposants avaient aussi des électro-aimants du même genre. L'un, M. Carpentier successeur de M. Ruhmkorff, construit l'électro-aimant à bobines horizontales. L'autre constructeur, M. Hauck, appartient à la section autrichienne. L'électro-aimant qu'il exposait ressemble beaucoup à celui de M. Ducretet : les bobines sont verticales ; chacune d'elles est munie de deux fils que l'on peut associer de deux façons et sur le socle est disposé un commutateur de Ruhmkorff. Cet appareil est disposé de manière à permettre de répéter à la fois les expériences de Faraday et de Foucault.

D. *Mesure électrique.* — Les besoins de l'industrie et la curiosité scientifique rendent tout à fait nécessaire la connaissance des lois qui régissent l'action des forces physiques, mais il faut aussi pouvoir traduire ces lois en formules et appliquer ces formules aux différentes questions qui se posent dans la pratique. Comment y arriver sans avoir établi un système de mesures, des étalons, des instruments de mesure. Pour l'électricité, c'est à l'Association britannique pour l'avancement des sciences, qu'on doit le travail d'ensemble qui a fondé pour ainsi dire la science de la mesure électrique et a permis d'aborder les questions d'électricité pratique avec autant de certitude qu'on traite les questions de chaleur ou de force. Ce n'est pas ici le lieu de faire l'historique de cette question si importante et de faire à chacun la part qui lui revient. Saluons pourtant au début les noms d'Ohm, Pouillet, Becquerel, W. Thomson, Latimer Clark, Jenkin, Siemens, Wheatstone, Weber, Faraday, etc.

Au début de la mesure électrique, nous devons parler des étalons. Malheureusement jusqu'ici un seul se trouve dans le commerce, c'est l'étalon de résistance que l'on construit suivant deux systèmes : l'unité Siemens ou l'unité de l'Association britannique, l'Ohm. M. Ducretet exposait une unité Siemens, fig. 22. On sait qu'elle représente la résistance d'une colonne de mercure pur à 0° ayant 1 mètre de longueur et 1 millimètre carré de section. A la rigueur chacun peut vérifier la résistance de cet étalon. Il n'en est pas de même de l'Ohm, que l'on peut se procurer d'ailleurs parfaitement authentique en s'adressant au comité de l'Association britannique qui a confectionné l'étalon prototype. Ceux que l'on trouve dans le commerce n'offrent pas tous la même garantie d'exactitude, mais pourtant les constructeurs soigneux peuvent en livrer dont la valeur soit connue bien exactement.

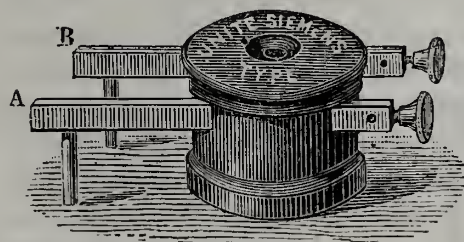


Fig. 22. — Unité Siemens.

On n'a pas trouvé jusqu'ici de moyen simple et sûr de construire l'étalon de force électro-motrice ou le Volt. Clark a bien proposé une disposition qui résoudrait à peu près la question, mais son étalon, pas plus que celui de M. Raoult, n'a pu encore se répandre dans la pratique. Ces deux étalons suffiraient, car l'intensité se rattache, comme on sait, à la force électro-motrice et à la résistance par la loi d'Ohm, et deux étalons suffisent pour les trois quantités I, E, R.

Après les étalons, viennent les rhéostats de différentes formes dont l'usage

est indispensable dans l'évaluation des résistances. Latimer Clark a dit quelque part que la mesure des résistances était l'opération cardinale en électricité, tout comme la détermination des poids est l'opération importante en chimie. La plupart des opérations d'électricité exigent en effet la connaissance des résistances.

Nous laisserons de côté les rhéocordes employés dans des cas assez restreints et nous signalerons seulement les deux espèces de rhéostats que l'on voyait à l'Exposition : le rhéostat de Wheatstone et les boites de résistance. Le rhéostat de Wheatstone, même avec la modification de Jacobi, présente certains inconvénients et en particulier le danger de rompre le fil qui est en général assez fin. Nous avons vu trois modèles du rhéostat de Wheatstone, l'un était à l'Exposition de M. Bréguet et comme pour justifier notre objection, le fil était cassé. La disposition nous a paru défectueuse, l'un des deux cylindres étant entraîné par la tension du fil. Le second modèle appartenait à l'exposition Carpentier Ruhmkorff. Le troisième, qui nous a paru bien supérieur aux deux autres, était construit par M. Deschiens. Les deux cylindres s'entraînent l'un l'autre par un rouage intermédiaire, de sorte que l'on n'a pas à craindre de casser le fil. Le cylindre cannelé est en ébonite et non pas en bois, et le cylindre lisse en laiton nickelé. Si l'on craint que l'ébonite ne soit pas de bonne qualité et que son soufre ne passe à l'état d'acide sulfurique, il vaut mieux employer le verre. Le rhéostat présente comme inconvénient quelque incertitude dans les contacts et une grande lenteur quand on veut passer d'une résistance à une autre qui en diffère notablement. Les boites de résistance offrent alors certains avantages, aussi leur usage est-il très-répandu surtout parmi les physiciens anglais. On voyait des boîtes de résistance dans la plupart des vitrines des constructeurs qui s'occupent d'électricité, soit en France, soit à l'Étranger.

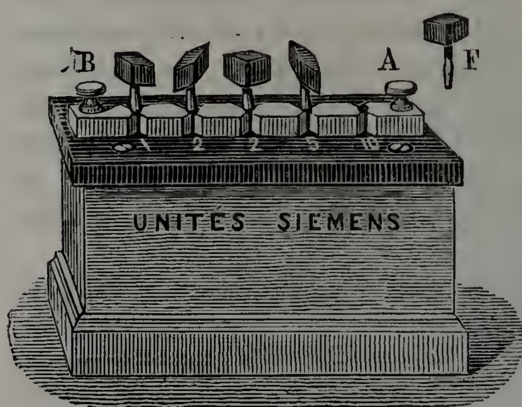


Fig. 23. — Boîte de résistances.

M. Ducret et exposait une boite de petites dimensions, graduée en unités Siemens, elle est représentée fig. 23. M. Gaiffe a adopté l'Ohm qui se rattache mieux au système général de mesure électrique, et dont l'origine absolue, si elle se présente d'une manière moins nette à l'esprit, offre un caractère scientifique mieux déterminé. Dans les boîtes de résistance de M. Gaiffe, les pièces qui servent à établir les communications sont dorées.

M. Carpentier Ruhmkorff exposait aussi une boîte de résistances. Celle qui nous paraît le mieux entendue et la plus complète est celle que construit M. Deschiens avec une série de bobines constituant les deux fourchettes du pont de Wheatstone. Elle est semblable au modèle d'Elliot, et l'on ne saurait mieux faire en cette matière que de suivre les traces de ce constructeur.

On a reproché aux boîtes de résistance de faire varier les résistances, par sauts brusques, à mesure qu'on enlève les fiches. MM. Hassler et Escher, de Berne, exposaient des bobines de résistance, en colonne, puis une boîte de résistance disposée autrement que d'après le modèle anglais. On n'enlève plus de fiches, mais on en fait glisser une pour la série des unités, une pour la série des dizaines, une troisième pour la série des centaines et une quatrième pour la série des milles. Chacune des fiches à section légèrement prismatique, glisse, en s'appuyant constamment d'un côté contre une règle métallique. L'autre face vient, dans le mouvement qu'on donne à la fiche, presser successivement contre

une des lames de terminaison des bobines. Cette disposition présente l'inconvénient d'exiger un grand nombre de bobines, et les contacts n'ont peut-être pas l'exactitude de ceux que l'on obtient au moyen d'une cheville tronconique. On pourrait invoquer en faveur de ce mode de construction, la rapidité de l'opération et la marche graduée des résistances, mais nous pensons que la boîte à chevilles est d'un usage plus sûr. Signalons pour terminer ce sujet, le pont de Wheatstone, modèle Foster, qu'exposait M. Bréguet, tout en déclarant qu'à notre avis la disposition qui offre à la fois le rhéostat et la ligne de bobines à fourchettes variables comme dans la boîte d'Elliot, nous paraît la disposition la plus commode, la plus sûre et la plus rapide.

La méthode du pont de Wheatstone est certainement la plus avantageuse à tous les points de vue pour la mesure des résistances. Elle permet en un clin d'œil d'obtenir une résistance quelconque avec une précision qu'aucune autre méthode ne pourrait certainement donner. Elle est trop peu connue, sauf de ceux qui s'occupent spécialement de mesures électriques et n'exige pour être mise en pratique, qu'une boîte modèle d'Elliot, et un galvanomètre Thomson avec sa boîte de dérivation.

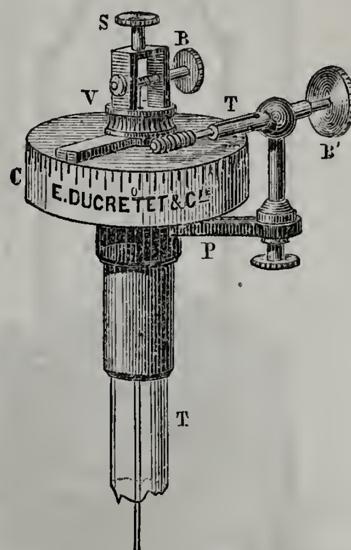


Fig. 24. — Débrayage.

Les étalons et les rhéostats correspondent aux boîtes de poids; mais en outre, pour peser il faut une balance. De même en électricité, le rhéostat marche toujours à côté d'un rhéomètre. Le rhéomètre calorifique ou thermo-rhéomètre est d'un usage trop peu commode, il n'est employé que dans des circonstances assez rares et toutes spéciales. Le rhéomètre chimique ou voltamètre offre, lui aussi, plus d'un inconvénient et d'ailleurs il exige un courant d'une certaine intensité. Le rhéomètre magnétique ou galvanomètre est, de tous, le plus commode et le plus employé, aussitôt en voyait-on de toutes les espèces aux vitrines des constructeurs qui s'occupent plus spécialement d'électricité, soit en France, soit à l'étranger.

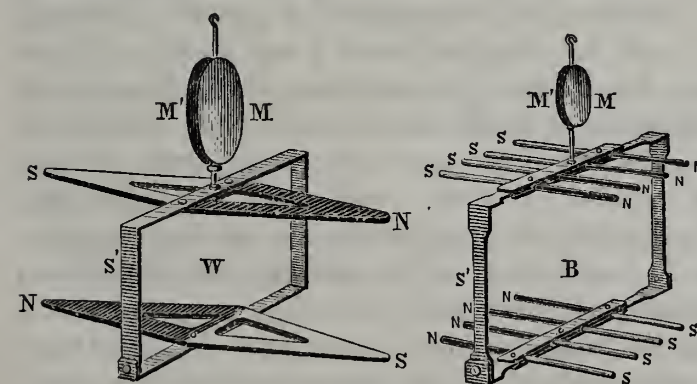


Fig. 25. — Aiguilles astatiques.

On remarquait à l'exposition de M. Carpentier Ruhmkorff, une grande variété d'instruments de mesure. Le galvanomètre Weber à miroir est construit par M. Carpentier, d'une façon bien entendue. Le miroir est carré, le fil est un peu gros et en deux faisceaux qui peuvent être associés de plusieurs façons, l'aiguille est lourde. Dans l'un des instruments exposés, un index parcourt une graduation. Dans l'autre la lecture se fait à la règle graduée, à l'aide d'une lunette à réticule. M. Ducretet fabrique aussi les galvanomètres de Weber, de deux façons, l'un des modèles peut servir de magnétomètre. Un cadre ovale en cuivre rouge, amortit rapidement les oscillations, le miroir est double, plan d'un côté, concave de l'autre, suivant qu'on veut employer une lunette viseur, ou projeter un trait lumineux.

Le tambour micrométrique est commandé par une vis tangente à débrayage rapide, représentée fig. 24 et de l'invention de M. Ducretet. Son emploi facilite beaucoup la manœuvre de l'instrument.

L'autre modèle de galvanomètre de Weber est à gros fil et à aiguilles asta-

tiques, lourdes, W fig. 25. Il est surtout destiné aux courants thermo-électriques. M. Branly a proposé d'employer un système d'aiguilles B astatiques également, et qui assurent une plus grande sensiblité fig. 25. Le galvanomètre peut fournir des lectures sur un arc gradué, ou bien servir, soit avec une lunette viseur, soit avec un trait lumineux. Il porte deux fils, ce qui permet de faire varier la sensibilité. En un mot, cet instrument peut servir utilement daus un grand nombre de circonstances et en particulier toutes les fois qu'il est utile d'employer un galvanomètre dont la résistance soit négligeable (fig. 26). Dans la plupart des expériences d'électricité on ne se préoccupe pas suffisamment de l'influence exercée par la résistance du galvanomètre, de telle sorte que pour ne pas éprouver de difficultés, il faudrait avoir à sa disposition toute une série de galvanomètres plus ou moins sensibles, plus ou moins résistants, comme on a une série de thermomètres à échelle plus ou moins finement divisée. M. Deschiens exposait un galvanomètre différentiel qui paraissait fort bien construit, mais sans présenter de disposition nouvelle.

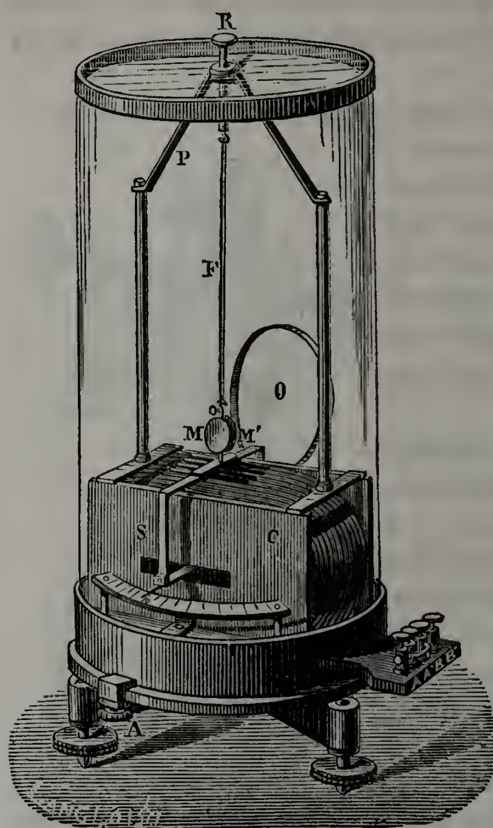


Fig. 26 — Galvanomètre Weber.

M. Ducretet exposait aussi un galvanomètre de 30.000 tours, à fil très-fin, pour les expériences de physiologie ou les courants hydro-électriques très-faibles. Dans la section hongroise, on voyait avec le nom Süss Nändor, un galvanomètre d'apparence singulière, au sujet duquel nous n'avons pas pu avoir d'explications. Un fil fin, suspendu comme celui de Coulomb, supporte quatre aiguilles horizontales qui répondent à quatre bobines, mais les fils aboutissent à des boutons. Est-ce pour graduer l'action? sans doute. En traitant des galvanomètres, deux noms ne peuvent être oubliés : MM. Bourbouze et Gaiffe. Le galvanomètre vertical de M. Bourbouze, rend des services signalés dans les cours. Avec deux perfectionnements, faciles d'ailleurs à réaliser, il nous semblerait répondre bien mieux encore à tous les besoins. Le barreau est trop lourd avec ses contre-poids, on pourrait facilement augmenter la sensibilité en lui donnant des dimensions plus faibles, sans diminuer la longueur. L'autre perfectionnement consistera à avoir un jeu de bobines de résistances graduées , qui pourraient se substituer l'une à l'autre sur la tablette du galvanomètre, ce qui permettrait de l'employer tantôt pour les courants thermo-électriques, tantôt pour les courants hydro-électriques, tantôt même comme galvanomètre différentiel.

La modification heureuse, introduite par M. Gaiffe dans la construction des galvanomètres, consiste à avoir établi des instruments qui donnent immédiatement à la lecture, soit la force électro-motrice de l'élément employé, estimée en Volts, soit l'intensité du courant qui parcourt l'instrument estimée en Webers. Une simple lecture d'un galvanomètre, dont la résistance est considérable, fait donc connaître en Volts, la force électro-motrice d'un élement. Pour avoir l'intensité du courant estimé en Webers, on le fait passer dans un galvanomètre dont la résistance est très-faible et qu'on a gradué en conséquence.

Dans la section portugaise, nous avons aperçu un galvanomètre. systéme

Bramão, construit par Hermann, mais nous n'avons pu obtenir de renseignements à ce sujet. L'instrument est dit universel : Un petit miroir collé sur une lame de mica, est supporté par un fil de cocon, entre deux cylindres verticaux en laiton qui contiennent sans doute des bobines. Un cercle gradué forme la base de l'appareil qui semble se compléter par une lampe et une lunette viseur.

Parmi les galvanomètres il convient de signaler ici le galvanomètre Wiedemann à mouvement périodique exposé par M. Ducretet. L'aimant circulaire est mobile dans une sphère de cuivre rouge pur. Les bobines sont mobiles au moyen de crémaillères et peuvent se remplacer à volonté. L'appareil peut être alors différentiel. Il est très-précis et peut fournir des indications, soit au moyen de la lunette viseur, soit au moyen des projections, car le miroir est double, plan d'un côté et concave de l'autre. La figure 27 le représente.

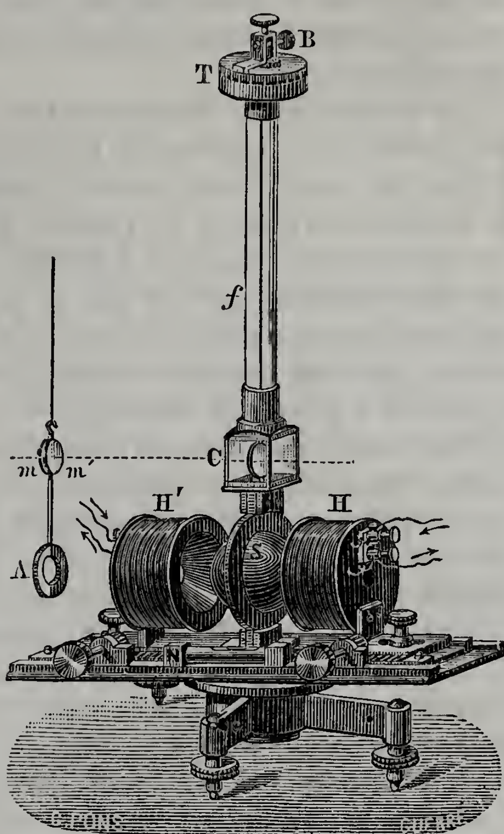


Fig. 27. — Galvanomètre Wiedemann.

En continuant la revue des galvanomètres, nous arrivons à parler des boussoles de sinus et de tangentes. M. Carpentier Ruhmkorff exposait une grande boussole des tangentes de Pouillet. Le cercle porte quatre fils, ce qui permet de varier les combinaisons. A l'exposition de M. Ducretet, on voyait aussi une boussole des tangentes de Pouillet, pouvant également servir de boussole des sinus. Elle est munie d'un miroir, ce qui permet de l'utiliser dans le cas où les déviations sont très-petites. Au moyen d'une disposition particulière, on peut la transformer en boussole de Gaugain.

M. Deschiens exposait une boussole de sinus fort bien entendue. L'aiguille est suspendue à un fil de cocon et comme l'appareil porte deux graduations, on peut aussi l'employer comme boussole des tangentes en y mettant une aiguille extrêmement courte.

Là encore, pourtant, l'usage de l'instrument se trouve limité, puisque la boussole de sinus ne peut servir que pour des courants assez faibles. Pour ces instruments comme pour les galvanomètres, nous voudrions voir adopter deux dispositions que nous employons depuis longtemps avec succès : 1° bobines mobiles pouvant se remplacer les unes les autres de telle sorte qu'on puisse employer celle qui convient pour l'expérience dont on s'occupe ; 2° distance variable de la bobine à l'aiguille, ce qui permet d'employer une même bobine pour des courants notablement différents, à moins qu'il ne faille changer la résistance de la bobine.

Pour terminer notre revue des instruments de mesure, signalons à l'exposition Carpentier Ruhmkorff un bel électro-dynamomètre de Weber, un thermorhéomètre de Riess et un réélectromètre de Marianini.

Nous avons trouvé à l'exposition de M. Gaiffe un instrument encore très-peu employé en France, et dont la construction est entourée en Angleterre d'une sorte de mystère. Il s'agit des condensateurs. La construction et l'emploi des câbles sous-marins a donné à ces instruments une importance considérable. Au début, l'un des frères Varley qui les construisait avait seul le secret de leur

construction, car les appareils livrés au commerce sont noyés dans la paraffine de telle sorte que leur démontage est tout à fait impossible. Des lames d'étain séparées par des couches de paraffine peuvent constituer des condensateurs, et ceux de M. Gaiffe sont construits de la sorte, si nous sommes bien informés. M. Gaiffe exposait un condensateur d'un microfarad divisé en dixièmes.

E. *Induction.* — La découverte de l'induction par Faraday, en 1832, marque un pas considérable dans les applications de l'électricité. Au début, elle semble confinée dans le domaine de la théorie, aujourd'hui les plus puissantes machines électriques lui doivent leur action et un grand nombre d'appareils sont fondés sur ses principes.

Les appareils de démonstration qui servent à en établir les lois ont reçu des formes bien variées. M. Carpentier Ruhmkorff exposait une bobine verticale à deux fils avec bobine mobile, pour étudier la production des courants induits. M. Gaiffe avait envoyé au Champ de Mars un appareil d'étude composé de trois solénoïdes creux destinés à étudier les courants induits des divers ordres, ainsi que les courants induits qui se produisent dans des conducteurs, lors même qu'ils ne forment pas de circuit, pourvu qu'ils soient très-voisins de circuits parcourus par des courants énergiques. M. Gaiffe ayant constaté en installant les appareils d'allumage électrique à l'assemblée nationale qu'il naissait, dans les câbles voisins de celui qui était actionné par la bobine, des courants assez énergiques pour allumer quelques becs, alors qu'il n'y avait pas de fermeture de circuit pour ces câbles, a construit un nouvel appareil pour étudier les courants d'induction des différents ordres. L'expérience lui a montré que les courants induits de deuxième, troisième et même quatrième ordre naissent avec assez de puissance dans les circuits ouverts pour servir d'inducteurs à d'autres circuits ouverts et propager le phénomène de l'induction jusqu'au dixième ou douzième ordre. Lorsque les circuits intermédiaires sont ouverts, le courant de quatrième ordre a encore assez de puissance pour mettre le feu à une amorce ou à un bec de gaz. La disposition en solénoïde n'est pas nécessaire ; des fils de 4 mètres de longueur chacun, tendus en ligne droite, peuvent parfaitement servir à la démonstration de ces phénomènes. On doit donc éviter avec le plus grand soin l'emploi des courants d'induction pour le service des torpilles.

L'appareil exposé par M. Gaiffe présente trois solénoïdes creux parallèles sur lesquels sont enroulés des fils de couleurs différentes. Il peut, en même temps, servir d'inducteur différentiel et montrer l'induction des divers ordres. M. Ducretet exposait deux appareils de démonstration : le cerceau de Delezenne et les spirales de Matteucci. Dans son modèle, les fils sont fixés sur des plaques d'ébonite et non plus sur des plaques de verre. On évite ainsi le cercle de laiton qui servait de garniture et dont la fermeture exerçait une action inductrice défavorable.

Si nous passons maintenant aux machines d'induction, nous nous trouvons tout d'abord en présence de celle qui doit son origine, ne l'oublions pas, aux savantes recherches de MM. Masson et Bréguet et qui doit sa forme pratique aux perfectionnements de détail apportés par M. Ruhmkorff dont le nom lui est resté. Donc, la bobine de Ruhmkorff est encore jusqu'ici la seule machine volta-électrique, et tous les constructeurs en fabriquent, depuis celle qu'on peut mettre dans la poche jusqu'à celle qui donne des étincelles de 50 centimètres et plus. M. Guérin exposait une bobine Ruhmkorff nickelée avec un commutateur à bascule assez ingénieux. M. Lippert avait aussi une bobine avec commutateur Ruhmkorff et interrupteur Foucault ; enfin, MM. Loiseau, Combettes et tous les constructeurs d'instruments simples et à bon marché exposaient de petites bobines destinées à illuminer des tubes Geissler. M. Carpentier Ruhmkorff avait à son exposition une grosse bobine donnant des étincelles de 50 centimètres et

une autre plus petite dont les étincelles varient entre 10 et 20 centimètres. M. Ducretet exposait une bobine avec commutateur Bertin, interrupteur Foucault et marteau de Neef. Elle est cloisonnée comme presque toutes celles que l'on fabrique maintenant. M. Gaiffe présentait aussi plusieurs bobines très-soignées avec marteau de Neef et interrupteur Foucault. Son grand modèle porte un fil induit de 110 kilomètres de longueur et donne des étincelles de 70 centimètres quand elle est actionnée par huit grands couples de Bunsen. Une autre, dont le fil fin n'a que 17 kilomètres de longueur donne des étincelles de 20 centimètres avec 6 couples de Bunsen. Afin d'assurer la sécurité de ce bobines, elles sont disposées de manière que les extrémités du fil induit soient à une distance un peu plus grande que la longueur de leur étincelle. Les fils inducteurs et induits sont isolés par une longue et mince feuille d'ébonite roulée en tube et faisant un nombre de tours proportionné à la tension du courant induit, de plus elles sont munies de paratonnerres.

S'il n'y a encore qu'une machine volta-électrique, il y a mille modèles de machines magnéto-électriques et c'est dans cette voie que s'exerce depuis longtemps l'imagination des inventeurs. Les effets qu'on demande à ces machines sont très-variés; les unes doivent faire partir des amorces, d'autres doivent servir à transformer le travail mécanique en lumière, en travail chimique. A la première catégorie appartient l'appareil exposé par Jurgensen dans la section danoise. Extérieurement, car c'est tout ce que nous en avons pu voir, il se compose d'un cylindre de laiton au-dessus duquel est une poignée en bois. C'est sans doute un appareil analogue à celui de Marcus ou au coup de poing de Bréguet. Dans la section russe M. Schwedoff exposait un projet de machine magnéto-électrique à disque d'acier aimanté. Deux roues en bois servent à transmettre le mouvement à un disque vertical d'acier composé de 5 disques minces très-rapprochés qui passent entre deux bobines plates. La machine n'a pas l'air d'être terminée et sa construction est assez grossière. En France, nous avons trouvé à l'exposition de M. Gaiffe une machine Siemens. La bobine Siemens, au lieu d'être à section circulaire et de tourner dans des encoches circulaires présente une section elliptique et tourne dans des encoches elliptiques. Cette disposition serait bien plus avantageuse, dit M. Gaiffe, en rendant graduelle la variation de l'état magnétique du noyau de fer de la bobine. A l'exposition de M. Carpentier Ruhmkorff, on voyait un petit modèle de la machine Ladd. Cette machine si intéressante montre d'une manière frappante la transformation du travail mécanique en courants. En 1867, lors de la dernière exposition, cette machine excita au plus haut point l'intérêt. Sous la forme actuelle que lui a donnée M. Ruhmkorff, elle produit des effets énergiques, bien que mise en mouvement par un seul homme. Le modèle exposé est construit principalement en vue de la mise en feu des amorces, et il paraît mieux que toute autre machine, convenir pour le service des torpilles ou des mines terrestres. La force électro-motrice de la machine correspond à celle d'une pile de sept à huit éléments Bunsen et sa résistance intérieure est extrêmement faible. Sans doute en employant un moteur plus puissant, on obtiendrait des effets plus marqués, mais, ce serait alors aux dépens de la vitesse et l'on retrouverait dans cette machine les inconvénients que l'on trouve dans les autres. En résumé, quand on veut pendant peu de temps obtenir un courant analogue à celui qui serait lancé par une pile de six à huit éléments Bunsen, on ne peut guère mieux faire que d'employer une machine Ladd. Pour obtenir des effets puissants, comme par exemple la lumière électrique, il faudrait recourir aux grandes vitesses si préjudiciables aux machines, ou bien compenser par la masse l'inconvénient dû aux rotations trop lentes. C'est précisément ce que fait la machine de l'Alliance, trop anciennement connue pour que nous ayons à en parlers longuement ici.

Malgré les succès de la machine Gramme, la machine de Nollet n'a pas été abandonnée et nous assistons ici à une lutte analogue à celle qui s'est produite dans la machine à vapeur entre les machines puissantes par leur masse et d'une allure assez lente, comme la machine de Watt, et les machines à haute pression, d'un si petit volume et qui fournissent à la minute un nombre de corps de piston assez élevé. La machine de l'Alliance compte donc encore des partisans, et M. Radiguet en exposait une dans la classe 15. C'est un petit modèle à deux couronnes de quatre aimants chacune. M. Hardy en avait une également, mais avec trois couronnes de quatre aimants chacune. On ne saurait nier pourtant que les machines à grande vitesse et à petite masse l'emportent, en ce moment du moins, sur les lourdes machines de l'Alliance. Dans cet ordre d'idées la machine Gramme est celle qui occupe le plus les esprits. Les applications si nombreuses qu'on en fait depuis quelque temps, surtout à l'éclairage électrique, ont étendu sa réputation dans tout l'univers et il n'est presque personne qui ne connaisse, de nom du moins, la machine Gramme.

L'Exposition en contenait des modèles très-nombreux et très-divers et l'on en trouvait dans plusieurs classes. M. Bréguet construit les machines de laboratoire. Bien qu'elles ne fussent pas toutes exposées à la classe 15, nous pouvons néanmoins en parler ici. C'est un appareil de physique, un outil de laboratoire, destiné à remplacer la pile dans toutes les expériences courantes de la physique. On peut aujourd'hui pour toutes les expériences de cours se dispenser de monter des piles sauf pour la lumière électrique. Les bobines d'induction même peuvent être excitées par les divers modèles de machines Gramme de laboratoire. Ces modèles sont au nombre de deux : la machine à manivelle et la machine à pédales. Elles sont toutes deux montées avec des aimants Jamin. Dans la machine à pédale, l'aimant est assez puissant pour pouvoir supporter un poids de soixante kilogrammes, et la force électro-motrice correspond environ à huit éléments Bunsen. On monte la machine, suivant les expériences que l'on veut faire, soit avec une couronne à fil fin, soit avec une couronne à gros fil. La nécessité de manœuvrer cette machine, au moyen d'une pédale, empêche d'obtenir une grande vitesse et de donner à l'expérience une certaine durée, deux conditions indispensables pour produire la lumière électrique. Il faut alors recourir aux machines à barres d'électro-aimants, c'est-à-dire dans lesquelles les aimants naturels sont remplacés par des électro-aimants qui, doués de magnétisme rémanent, acquièrent une puissance magnétique de plus en plus grande, par suite du passage du courant de la machine dans leur fil.

Les machines Gramme sont de deux sortes : 1° à courants continus ; 2° à courants alternatifs. Dans le premier cas, elles peuvent être employées avec les régulateurs, et par exemple avec le régulateur Serrin. Depuis quelques temps, MM. Sautter et Lemonnier s'occupent activement, et d'une manière fort heureuse et très-intelligente, de l'application pratique et de la construction de la machine Gramme à barres d'électro-aimants. Quand on veut se passer de régulateurs et employer la bougie Jablochkoff, il faut alors, ou bien recourir à un commutateur et jusqu'ici aucun n'a fonctionné d'une manière satisfaisante, ou bien employer la machine à courants alternatifs qu'a inventée M. Gramme, et que l'on voyait à l'exposition de M. Fontaine, l'un des propagateurs de la machine Gramme et l'un des défenseurs de la lumière électrique, au sujet de laquelle il a publié un ouvrage fort intéressant. La nouvelle machine à courants alternatifs de M. Gramme, alimente les bougies Jablochkoff, si répandues comme on sait. Elle se compose de deux flasques à peu près circulaires, reliées entre elles par huit entretoises cylindriques en cuivre. Un arbre en acier porte, par l'intermédiaire de deux tourteaux de fonte et d'un moyeu octogonal également en fonte, huit barres d'électro-aimants,

Une série de bobines en cuivre enroulées sur une série de segments circulaires en fer doux, forme une couronne extérieure. Deux balais viennent s'appliquer sur des rondelles isolées. Une garniture en acajou verni, percée de trous pour la ventilation des bobines, recouvre le tout et abrite quelques autres pièces accessoires, comme les disques qui servent à maintenir les armatures de l'électro-aimant.

L'électro-aimant a huit pôles simples, alternés de façon qu'un pôle austral succède à un pôle boréal et les armatures très-épanouies laissent entre elles un très-petit espace. Comme il y a 32 bobines extérieures, on peut obtenir 32 courants distincts, ou bien coupler les bobines de manière à n'avoir que 16, 8 ou 4 courants. L'électro-aimant excitateur étant mis en mouvement par un moteur quelconque, ses armatures passent près des spires des bobines et y font naître un courant d'autant plus puissant, que le pouvoir magnétique de l'électro-aimant est plus énergique, et la vitesse de rotation plus grande. Comme les pôles de l'inducteur sont alternativement de noms contraires, les courants produits dans chaque bobine changent de sens à chaque instant. Pour animer les électro-aimants, il faut y faire passer un courant et c'est généralement celui d'une machine Gramme à courants continus. On pourrait aussi bien installer une bobine circulaire spéciale sur le bâti de la machine à courants alternatifs.

Il est à peine utile de faire remarquer que ces machines, quelque perfection relative qu'elles possèdent, ne sont qu'un premier pas. La question est loin d'être épuisée; l'éclairage électrique s'est tellement introduit dans la pratique qu'on ne pourra plus l'en bannir. Il faudra donc faire mieux encore pour vaincre certaines préventions, détruire des objections qui ne sont pas sans valeur. Nous avons toute confiance dans les inventeurs et les propagateurs de la lumière électrique, et avant peu sans doute, leur persévérance saura triompher de difficultés encore nombreuses.

Si la lumière électrique et la machine Gramme ont occupé les esprits dans ces derniers temps, on ne peut nier que le téléphone de Bell n'ait attiré l'attention publique à un haut degré et excité l'étonnement et l'enthousiasme plus encore que la découverte de Jablochkoff. Les téléphones de Bell et de Gower ne paraissaient guère à la classe 15, on les a considérés comme appareils télégraphiques, et placés par suite dans la classe 65, où M. Bréguet exposait le téléphone de Bell. Bien que ce soit essentiellement un instrument de physique et qu'il appartienne à la fois à l'acoustique et à l'induction, nous n'en parlerons pas ici, car sans nul doute, son étude se trouvera dans la partie de l'ouvrage réservée à la télégraphie.

Le microphone est bien voisin du téléphone qui l'accompagne. Deux exposants de la classe 15 en avaient à leur vitrine : M. Gaiffe et M. Ducretet, qui ont modifié plus ou moins la disposition indiquée par M. Hughes. Quelque merveilleux que soit cet instrument, il ne paraît pas appelé à rendre autant de services que le téléphone, mais on ne peut se défendre d'un sentiment profond d'étonnement quand on voit le microphone recueillir des bruits de conversations qui ne sont pas destinés à être transmis à la station d'arrivée.

Bien qu'ils ne se rattachent que d'une manière indirecte aux instruments de physique, les appareils électro-médicaux emploient l'électricité, et plusieurs constructeurs de la classe 15 en exposaient des modèles variés. M. Ruhmkorff construit un appareil électro-médical bien connu, mais c'est surtout M. Gaiffe qui s'occupe spécialement de ce genre d'appareils. Son exposition en renfermait quelques-uns. Ils se trouvaient plus naturellement placés à la classe 14, où M. Gaiffe avait une fort belle collection d'appareils électriques de divers systèmes.

Nous terminerons enfin cette revue des instruments d'électricité, en mention-

nant les tubes de Geissler qu'on illumine, soit avec les machines de Holtz ou de Carré, soit avec les bobines d'induction. On pouvait remarquer de très-beaux tubes à l'exposition de M. Jamain, qui avait aussi de beaux instruments divisés, éprouvettes, tubes, etc. M. Alvergniat est un des premiers qui ait construit ces tubes ; il en exposait de fort beaux et de grandes dimensions. L'exposition de M. Seguy avait aussi des tubes de Geissler d'une belle construction ainsi que des tubes fluorescents. Enfin, M. Tissier avait fabriqué deux tubes Geissler, à rosace, d'assez grandes dimensions, qui figuraient à l'exposition de M. Carpentier Ruhmkorff.

Nous voici parvenu à la fin de notre étude, après avoir examiné consciencieusement tout ce que nous avons pu apercevoir d'intéressant au Champ-de-Mars. Et si nous voulons, à present, jeter un coup d'œil d'ensemble sur les instrumeuts de la classe 15, nous dirons que nous avons été fort satisfaits de notre visite. Sans doute, nous connaissions déjà tout ce qu'il y avait d'intéressant parmi les instruments exposés. Quel est, en effet, l'inventeur qui ait attendu le jour de l'ouverture pour publier sa découverte ? En réalité, tout ce qui a vu le jour depuis la dernière Expositon, c'est-à-dire depuis 1867, appartient à l'Exposition de 1878 et nous avions à faire une revue rétrospective et récapitulative de ces onze dernières années. Ont-elles été stériles, et le génie des inventeurs a-t-il sommeillé ? Point du tout.

On peut citer les expériences mémorables de Cailletet et de Pictet, les inventions si nombreuses d'Edison, de Bell en Amérique, le microphone d'Hughes, la bougie Jablochkoff, la machine Gramme qui se répand partout, la machine électrique de Carré et mille autres inventions moins connues, plus spéciales et qui ne sont certainement pas sans valeur. Enfin, le progrès ne peut-il se concevoir sans découvertes, et ne peut-on donner des éloges à ceux, qui n'ayant rien inventé, se bornent à construire avec soin, et souvent en les perfectionnant des appareils déjà connus ? Si nous voulions signaler les constructeurs de mérite, nous n'éprouverions aucune difficulté, sauf celle de n'en pas oublier et nous avons essayé dans le cours de cette étude de leur payer le tribut d'éloges auxquels ils ont droit, pour le soin qu'ils apportent à doter la science d'instruments bien construits, élégants et disposés d'une manière intelligente et commode.

Que les inventeurs continuent donc leur œuvre, nous ne pouvons que les encourager et leur promettre de faire tous nos efforts pour tirer leurs inventions de l'oubli, mais il n'est pas donné à chacun d'inventer quelque chose de véritablement intéressant ou utile. D'un autre côté, nous ne pouvons méconnaître le progrès sous quelque forme qu'il se présente, et beaucoup des exposants de la classe 15 méritent d'être signalés pour les perfectionnements apportés par eux aux appareils qu'ils construisent. On peut donc dire que chacun a fait son devoir dans la mesure de ses forces. Mais l'œuvre n'est pas terminée ; bien des questions sont à l'étude et leur solution est proche sans doute. L'avenir nous réserve bien des surprises, attendons-les avec confiance, sans méconnaître pour cela, la valeur du passé.

E. Garnault.

MACHINES-OUTILS

A TRAVAILLER

LE BOIS ET LES MÉTAUX

PAR

M. F. HUSSON CONSTRUCTEUR

Les machines-outils dont nous allons nous occuper, sont des instruments remarquables. Elles augmentent considérablement la puissance productive de l'homme; celui-ci en contraignant les forces naturelles à travailler pour lui, dépense moins d'efforts, produit davantage et à meilleur marché. En général, ce sont les machines qui généralisent le bien-être matériel des populations; les machines-outils qui vont nous occuper jouent un rôle plus modeste, mais bien utile encore : elles mettent à la portée de l'industrie, les objets nécessaires à son existence; elles fabriquent facilement ceux qui étaient souvent réputés d'exécution impossible, et elle les livre au public à des prix modérés. Le bon marché des produits obtenus, grâce à l'existence de ces machines, en augmente le nombre, l'usage s'en répand beaucoup plus, et leur multiplication ne tarde pas à occuper plus de travailleurs qu'auparavant (1). Il faut bénir ces machines; de même que les moteurs qui les font agir; elles appellent les masses humaines à participer à la répartition des produits industriels; elles attestent la puissance de l'intelligence humaine et contribuent à son développement, en répandant autour d'elles l'aisance et en ménageant les forces individuelles. Dans les pays où il existe peu ou point de machines, on voit les populations écrasées sous le poids d'un travail inflexible, elles sont dans un état déplorable, voisin de l'abrutissement. C'est ainsi que vivent les peuples de l'Inde, qui nous ont cependant envoyé de splendides spécimens de leur industrie, dont les produits, faits sans le secours d'autres instruments que les mains, sont les résultats de longues journées passées dans les misères et dans les larmes.

Ces vérités, pour la plupart contestées encore hier, seront devenues des banalités demain. Nous ne pouvons donc davantage nous y appesantir. Nous ferons remarquer seulement que les luttes routinières ont si bien cessé, que les galeries des machines, et spécialement la classe 55 (machines-outils), étaient les plus suivies; presque à toutes les heures du jour, on les voyait encombrées de visiteurs à un tel point que l'on ne pouvait y circuler. Les ouvriers qui, dans leur ignorance profonde, condamnaient, il n'y a pas longtemps encore, toute invention nouvelle, toute innovation industrielle, tout progrès, ne comprenant pas que la proscription des machines vouerait l'humanité à la pétrification amenée par l'immobilité, étaient sur les premiers rangs à applaudir au génie des inventeurs et à l'habileté que déployaient les conducteurs de ces précieux outils qui travaillaient si facilement le bois et les divers métaux.

---

(1) Ce sont les idées émises par J. B. Say, sur *Les machines* en général.

1° Les machines-outils à travailler le bois.

Dans un excellent livre publié d'après les études de MM. Raux et Vigreux, sur les diverses expositions qui ont précédé celle de 1878 (1), nos lecteurs trouveront des notes historiques parfaitement exactes sur l'industrie et la fabrication des machines-outils à travailler le bois. Ils y verront par exemple, que si les scies sans fin à mouvement continu, datent de la fin du dernier siècle, aucune autre machine à travailler le bois n'avait fait son apparition avant 1810.

C'est même un peu plus tard (1817-1818), que les machines à raboter les bois furent inventées. MM. Roguin frères en furent les premiers constructeurs. Mais ces outils précieux n'apparaissent vraiment que de 1830 à 1838, et par les soins de MM. Sautreuil de Fécamp, sous une forme convenablement étudiée. Vers 1840, on remarquait surtout, entre autres outils destinés aux travaux de la charpente et de la menuiserie, les machines Burnatt, pour trancher et corroyer les bois. L'Exposition de Londres en 1851, offrait à l'admiration du public compétent, la belle machine américaine de M. Woodbury de Boston; c'était un type important de la classe des machines à travailler le bois, dans laquelle l'outil est *absolument* fixe, tandis que le bois est animé d'un mouvement rectiligne. Après lui, venait M. Furness, de Liverpool, qui exposait une série d'outils-machines.

A l'exposition française de 1855, les constructeurs de ces outils étaient plus nombreux. Parmi les plus habiles, on citait les directeurs de l'usine de Graffenstaden, près de Strasbourg, dont les machines présentaient des formes analogues à celles destinées à travailler le fer, surtout la machine à raboter.

Enfin l'Exposition de 1867, étudiée spécialement, et au point de vue qui nous occupe ici, par les deux ingénieurs que nous venons de nommer, comptait entre autres mécaniciens, spécialistes, constructeurs de machines-outils à travailler le bois : MM. Fréret de Fécamp, Arbey et Cie, Périn, Gérard, Guilliet, Vallet, Quetel-Trémois, pour la section française. Ce sont des noms que nous avons retrouvé en 1878; du moins la plupart de ceux qui les portent sont vaillamment restés à la tête de cette belle et intelligente industrie. L'Allemagne n'avait pas encore dédaigné de soumettre ses produits à l'appréciation d'un public éclairé; le jugement porté lui a paru sévère, sans doute, et la politique aidant, nous n avons pas eu le bonheur de faire éclater notre admiration devant les machines allemandes, qui ont peut-être progressé. Quant à la section anglaise, MM. Worssam de Londres, Ch. Powis, Thomas Robinson et fils, etc., en étaient les principaux exposants. Le premier de ces constructeurs présentait une très-belle raboteuse, et l'une des premières machines dite *universelle,* c'est-à-dire destinée à faire plusieurs travaux à la fois, comme le sciage, les mortaises, les tenons et les moulures.

Il y a cinq ans (1873), Vienne avait organisé à son tour une Exposition universelle qui présentait une collection très-complète et très-variée de machines à travailler le bois. L'Amérique, l'Angleterre et la France s'y faisaient principalement remarquer ; mais le premier de ces États n'avait pas de rivaux. M. Whitney, de Winschendon (Massachusets) exposait une très-ingénieuse machine pour la fabrication des seaux en bois, des scies d'une excellente construction, une machine à raboter avec affutage. Après lui, venaient divers industriels des États-Unis parmi lesquels MM. Roger, Halle et Richard, de Philadelphie. Dans la section anglaise on retrouvait les exposants de 1867; M. Robinson, que nous avons déjà nommé,

(1) *Machines-outils à travailler le bois*, Paris E. Lacroix.

présentait des machines à faire les assemblages à queue d'hironde d'Amstrong, outils des plus ingénieux, et M. Ransome, une machine à mortaiser de l'invention de Richards, dont nous donnerons la description plus loin. MM. Powis, James et Western, avaient à Vienne, une collection d'outils très-variés. Enfin la France, représentée par divers constructeurs parmi lesquels il est juste de citer en première ligne M. Arbey, remportait un grand succès avec la machine à raboter le bois à lames hélicoïdales, du système Mareschal et Godeau. L'Allemagne, qui ne venait que de beaucoup en arrière, était aussi représentée par un grand nombre de constructeurs dont la plupart n'avaient fait que copier les outils étrangers.

Nous ne citerons que pour mémoire l'Exposition de Philadelphie, qui, au point de vue de la construction des machines-outils, n'a rien offert de bien nouveau.

Si nous ajoutons que les scies circulaires étaient connues en Angleterre en 1793, et en France depuis 1799; qu'à cette dernière époque un sieur Albert prit un brevet à Paris, pour la fabrication de l'une de ces scies, et qu'enfin la scie sans fin est d'invention beaucoup plus récente (elle n'apparut que vers 1850), nous aurons esquissé rapidement l'historique des machines à travailler le bois, de leurs inventions et perfectionnements constatés d'une manière officielle, dans les diverses et précédentes expositions nationales que le génie du XIXe siècle a su si bien organiser.

Cette industrie, étant de création toute nouvelle, a fait tout de suite les progrès les plus étonnants ; elle s'est trouvée secondée, dans sa marche rapide, par l'état bien vite florissant des autres industries mécaniques inventées presque en même temps qu'elle. Des hommes remarquables, parmi lesquels nous citerons l'ingénieur Brunel, s'y sont appliqués (1); les plus habiles constructeurs ont fait d'elle une spécialité. Tous ces moyens réunis l'ont aidé puissamment; aussi malgré notre croyance dans la perfection sans fin, nous nous sommes demandé, en présence de l'état actuel des machines-outils à travailler les bois, si cette industrie n'a pas atteint son apogée. Nous en dirons tout autant, quand nous en serons là, des machines-outils à travailler le fer.

Remarquons tout d'abord que notre besogne d'écrivain industriel se trouve étrangement simplifiée. L'Exposition de 1878 ne nous a, en effet, révélé ici que très-peu d'applications nouvelles. La plupart des machines-outils que l'on y voyait ont été décrites dans les précédentes *Études* dues à nos collaborateurs de 1867. Nous n'avons donc, afin de ne pas faire d'ennuyeuses redites, qu'à y renvoyer nos lecteurs, et à parcourir les parties des galeries des machines dans lesquelles furent exposés les divers outils que l'on avait groupés dans la classe 55. Comme pour les autres *Études* auxquelles nous nous sommes déjà livré, nous commencerons cette revue, qui ne laisse pas que d'être très-intéressante, par les sections étrangères, en faisant observer que certains exposants (nous ne voulons pas les nommer), amateurs des lumières mises sous le boisseau, nous ont refusé les renseignements que nous leur demandions. C'est ainsi que les Américains ont procédé ; nous n'avons pas reconnu le génie de ce peuple à ces vues étroites. Les Anglais, que l'on accuse si souvent d'égoïsme et d'indifférence, nous ont beaucoup mieux accueilli; nous sommes heureux de reconnaître que leurs procédés ont été des plus courtois. Mais laissons là ces misères.

Nous répéterons ici que les machines-outils des Américains sont faites au point de vue du bon marché, ce qui est éminemment pratique ; que les Anglais cher-

(1) C'est à Brunel que l'on fait communément honneur de l'invention de la scie circulaire. Nous venons de voir que c'était à tort, puisque ces machines existaient avant 1799 époque où le célèbre ingénieur alla se fixer en Angleterre et y établit diverses scieries

chent les formes les plus élégantes, les mieux proportionnées, et ajoutons avec orgueil que les Français combinent ces deux excellentes choses avec un rare bonheur. Quant au travail qui se produit tous les jours sous les yeux du public visiteur, il ne prouve pas grand chose. Les éminents rédacteurs de l'étude sur ces machines à l'Exposition de 1867, constataient le même fait, en ajoutant que les bois sur lesquels opèrent ces machines sont choisis avec soin pour ne présenter que peu d'obstacle à l'action de l'outil. Or, ce dernier ne peut être jugé, disaient-ils avec raison, ainsi que la machine qui le met en mouvement, que lorsqu'ils agissent sur des bois courants présentant des nœuds, dont les fibres remontent les unes sur les autres, et sont dirigées dans les sens les plus variés et souvent dans des plans différents de celui du rabotage (ou de tout autre genre de travail).

Ceci dit, nous entrons en matière, et, prenant par la main notre lecteur, nous allons visiter la section anglaise.

La section anglaise. — La collection de MM. Samuel Worsam et Cie, de Londres, se composait principalement : d'une scie verticale alternative destinée au travail du charpentier, composée d'un banc à double chariot amenant le bois en grume sous les lames des scies qui fonctionnent dans le sens vertical et sont renfermées dans un châssis se prolongeant jusqu'au sol, et formant le véritable bâti de la machine. L'arbre avance sur des rouleaux mis en mouvement par un engrenage approprié à cette fonction; d'autres rouleaux agissant par pression servent à le maintenir en place. Les chariots sont munis de crampons en fer forgé; ils voyagent sur des rails boulonnés sur le banc, qui a la forme d'un plancher. Ce sont eux qui font l'office de guides. Le châssis oscillant est construit avec des côtés en fer forgé et des têtes en acier; il est mû au moyen de tiges latérales munies d'une barre transversale avec tige de communication réunies à la manivelle. Cette machine est de construction fort simple, et peut être facilement mise en place et enlevée suivant les besoins du travail; toutes les pièces en sont très-étudiées. La force motrice qu'elle exige varie entre 4 et 6 chevaux. Les mêmes industriels exposaient encore : un *châssis à refendre les madriers* qui occupe peu de place et ne demande que de légères fondations. Le bois est alimenté vers les scies au moyen d'un engrenage à crémaillère; des chariots boulonnés au plancher portent le tout; enfin un appareil à pression latérale est disposé dans le but de bien maintenir le bois en position; le châssis, l'arbre et diverses autres pièces sont en fer et en acier. Des *scies à rubans*, des *mortaiseuses* dont les plus petites n'emploient que la force d'un cheval, des *fraises*, une machine dite : *menuisier général*, à l'aide de laquelle l'ouvrier scie, chanfreine, rabote, moulure, fait les onglets, les feuillures, raînures et languettes ainsi que le forage et les mortaises, figuraient dans cette Exposition, remarquable au point de vue de la perfection des ouvrages soumis aux regards du public.

Enfin on remarquait encore des mêmes exposants : un *bâti pour affuter les scies à ruban*, très-simple, se composant d'un châssis en charpente et de deux roues évidées à écartement variable qui sont recouvertes de cuir et sur lesquelles passent les lames des scies. L'axe de l'une de ces roues est fixé sur une pièce à coulisse permettant de varier la distance suivant la longueur du ruban qui passe entre les mâchoires d'un étau fixé sur le châssis et à l'aide duquel on lime la scie. Un autre appareil est disposé pour braser les mêmes scies; il consiste en une forge portative avec soufflet circulaire agissant à pédales. Citons en dernier lieu : une *machine à raboter les voliges*, une *affûteuse* pour les fraises, dont le disque en émeri *consolidé* tourne sur un bras à contre-poids, qui peut être placé suivant tous les angles, enfin des *meules* à aiguiser très-bien montées, pour l'affûtage des fers des machines à raboter, etc., etc.

MM. Ch. Powis et Cie, font des machines-outils à différents usages, tels que des appareils de sciage sur lesquels sont montés en même temps des fraises et des rubans. Ces outils sont très-portatifs et coûtent peu. L'un de ceux que ces fabricants avaient exposé et qui manœuvre à la main, possède une scie circulaire disposée pour couper jusqu'à une épaisseur de $0^m,125$ et faire les chanfreins, évidements et sciages d'about. Une scie à ruban qui opère sur des lignes irrégulières ou décoratives avec une grande facilité, lui est adjointe. Le banc sur lequel sont fixées les deux scies est garni d'un essieu mis en mouvement par une bande qui lui donne une action égale. Il porte une table à percer, dont l'arbre reçoit des tarières d'un diamètre suffisant pour les petits ouvrages de menuiserie, de modelage et de carrosserie. Cet outil très-bien conçu, et dont l'exécution est bonne, coûte seulement 700 francs. Les *machines à mortaiser* et *à raboter* de ces exposants ne laissaient rien à désirer Ils avaient aussi leur *menuiserie universelle*, assemblage d'outils en nombre démesuré monté sur le même bâti. Enfin, ils nous montraient des *scies circulaires* d'une grande dimension ($1^m,35$ de diamètre), coupant les bois jusqu'à $0^m,60$ de hauteur, lesquelles avec leur bâti et deux chariots en fonte sur leurs rails, sont vendues à raison de 2,750 francs.

M. Robinson et fils, de Rochdale, près Manchester, où ils possèdent une usine des plus considérables dans laquelle ils fabriquent des portes, des croisées et des moulures, ce qui les a mis à même de perfectionner leurs outils, au moyen de l'expérience acquise chez eux, exposaient une assez grande quantité d'outils de formes élégantes et d'une grande solidité, parmi lesquels nous avons remarqué : 1° une *scierie circulaire* et une *scierie verticale alternative*, très-portatives et pouvant être commandées par une seule locomobile. C'est une combinaison de ces deux outils très-pratique et très-utile dans les pays où les forêts ont une certaine étendue. Pour son installation, aucune fondation n'est nécessaire ; on peut, grâce à sa simplicité de construction, la transporter à n'importe quelle distance, à mesure que le travail de défrichement s'avance ; 2° une *scierie horizontale alternative à une lame*, pour débiter les bois en grume ou équarris en panneaux ou en planches minces ; 3° une *scierie alternative verticale*, pour débiter deux madriers à la fois, perfectionnée tout récemment par l'introduction de guides à coulisse se réglant au moyen d'une vis sans fin retenant les madriers, ce qui permet de faire varier l'épaisseur des planches à scier, sans être obligé de changer la distance des lames ou même d'arrêter la scie ; 4° une *scierie circulaire* à chariot et crémaillère avec mouvement automatique de va-et-vient, disposée pour débiter en poutres ou en voliges les arbres, billes ou pièces de bois irrégulières, et particulièrement utile aux constructeurs de navires, aux fabricants de wagons et autres industriels qui n'ont à faire que des traits de scie dans chaque pièce. La plaque de fondation de cette machine, qui est très-forte, est en fonte, elle porte l'arbre de la scie et le guide à coulisse ; sur cette pièce, roulent deux plaques ; sur l'une de ces dernières, est fixée une crémaillère mue par un pignon. Ces plaques forment la table à chariot sur lequel on place le bois à scier qui reçoit le mouvement d'avancement avec retour accéléré. Plusieurs rouleaux sont placés parallèlement à la table pour faciliter la manœuvre du bois avant et après le sciage. La vitesse imprimée est de 3 à 12 mètres par minute ; le chariot a de $6^m,50$ à 12 mètres de longueur ; le diamètre des scies varie de $1^m,05$ à $1^m,90$, et la force nécessaire est de 3 à 10 chevaux, suivant la force de la machine, qui se fait de quatre dimensions différentes ; 5° diverses *fraises* dont l'une est disposée pour scier en long aussi bien qu'en travers, rainer, pousser des languettes et percer ; 6° une *petite machine à raboter* les planches minces et les lattes, qui fonctionne avec une vitesse de $30^m,50$ par minute ; 7° un appareil composé, dit *menuisier général*, qui a reçu des améliorations consistant dans la suppression des changements nécessités généralement pour

exécuter les différentes sortes de travaux, les outils le composant, tels que scie circulaire, tenonneuse, scie à ruban, perceuse étant complétement indépendants les uns des autres; 8° la *machine d'Armstrong pour faire les queues d'aronde*, déjà exposée en 1867; 9° des *scies à ruban*; 10° enfin une grande *machine à fabriquer les parquets, etc.*, rabotant, dressant sur champ toutes sortes de bois et y profilant des languettes, en exécutant toutes ces opérations à la fois ou séparément, avec une vitesse de 9 à 18 mètres par minute, et travaillant des pièces ayant jusqu'à 0m,35 de large sur 0m,15 d'épaisseur.

MM. Ransome et Cie, avaient aussi organisé une très-belle exposition d'outils dont nous allons citer les principaux, en commençant par leur *scie à vapeur pour abattre les arbres*, outil puissant supprimant la coupe par la hache ou la scie à main, qui peut mettre facilement à bas un arbre de 2m,50 de diamètre, avec une très-grande rapidité et aveç une réelle économie, puisqu'il coupe le bois au ras du sol, évitant ainsi la perte ordinaire amenée par la réduction en éclats de la partie basse de l'arbre abattu par les procédés ordinaires. Remarquons aussi : une *scie à lame sans fin*, dont le bâti est à évidement circulaire laissant, par cette disposition, un grand espace pour tourner le bois autour de la scie; une *machine à affuter les lames sans fin*, conçue à peu près dans le même esprit que celle de MM. Worsam; des *machines combinées pour le rabotage et le moulurage*, dont le plus grand modèle produit des moulures jusqu'à 0m,40 de large sur 0m,15 d'épaisseur; elles sont munies de quatre porte-outils, de manière à travailler simultanément les quatre faces du bois, en produisant toutes sortes de profils, des raînures, languettes, etc., etc., en une seule opération; un *conducteur pneumatique*, très-ingénieux, appareil construit dans le but de débarrasser l'atelier de la sciure, des copeaux et des éclats de bois, et qui est une nouveauté importante. Cet appareil est très-simple : il se compose d'un ventilateur garni de tuyaux d'entrée et de sortie. Un conduit particulier et un capuchon sont adaptés à chacune des machines que l'on veut rattacher au conducteur pneumatique. Le ventilateur se place soit en dessous du plancher, soit au plafond de l'atelier; le tuyau aspirateur principal qui se décharge dans l'intérieur du soufflet, reçoit les débris provenant des machines; ils sont expulsés tout de suite par le tuyau de sortie qui les dépose dans un compartiment voisin de l'embrasure de chauffe; de sorte que ces rebuts recueillis par un moyen aussi simple, peuvent être brulés immédiatement dans le fourneau de la machine. Ce conducteur offre des avantages considérables, parmi lesquels il faut citer une économie de main-d'œuvre résultant du transport et de l'emmagasinement immédiat des rebuts; la disparition de la poussière, progrès hygiénique; la garantie que l'on obtient contre les risques d'incendie; enfin la propreté qui règne dans l'atelier où cet appareil fonctionne. Citons encore des mêmes constructeurs : la *mortaiseuse Richards*, qui est, suivant nous, l'un des meilleurs outils à mortaiser qui aient été livrés à l'industrie. Cette machine peut faire, dans le bois tendre, quatre mortaises à la minute sans perçage, et comme le bec-d'âne retire les éclats au fur et à mesure, il n'est pas nécessaire de repousser le noyau lorsque la mortaise est formée. Elle peut recevoir du bois jusqu'à 0m,27, et le trait du ciseau est de 0m,11. Le bâti principal est en fonte, c'est une pièce creuse, et la manivelle qui fait fonctionner le fuseau du ciseau, étant fixée près de la plaque de base, on peut obtenir 600 tours à la minute sans ébranler la machine. La table sur laquelle le bois est posé est soulevée par une pédale, de manière à régler le jeu du ciseau qui entre graduellement dans le bois, et s'enfonce de plus en plus profondément à chaque coup, jusqu'à ce que la profondeur désirée soit obtenue; ce qui prévient la forte secousse qui a toujours lieu lorsque le ciseau entre d'un seul coup dans toute la profondeur. Le ciseau est renversé instantanément par un simple mouvement automatique très-effi-

cace dépendant d'un arrêt à ressort, dont la manivelle est placée dans une position très-commode. Pour les bois durs, le perçage est nécessaire, ainsi que pour les mortaises qui ont plus de 0m, 018 de largeur. Le poids de la mortaiseuse Richards est de 750 kilogs environ; elle n'exige que la force de 1 cheval, son prix est de 1,500 francs. Une *mortaiseuse à bras* se recommandait à l'attention des constructeurs de petits travaux; elle présente une amélioration importante consistant dans le perfectionnement apporté à la table qui est disposée de manière à monter et à descendre pour recevoir des pièces de différentes épaisseurs, de sorte que la manivelle qui met en mouvement le bec-d'âne se trouve toujours à une hauteur convenable. Dans les machines de ce genre, la table est généralement immobile, la coulisse du ciseau monte et descend suivant l'épaisseur de la pièce, ce qui fait que la manivelle est tantôt trop haute et tantôt trop basse. La table de cette mortaiseuse est pourvue d'un amenage très-simple; elle peut recevoir des pièces ayant jusqu'à 0m,27 sur 0m,15. *La machine à couper d'onglet de Shute*, qui ne coûte que 80 francs, est un petit instrument fonctionnant à balancier, qui rend beaucoup de services dans les industries du menuisier et de l'encadreur. Elle produit des assemblages très-nets, droits ou en fausse équerre, dans des bois moulurés ou non, ayant jusqu'à 0m,13 de large. Enfin des machines composées de plusieurs outils, des tours étaient présentés au public sous d'heureuses formes, ainsi qu'une machine destinée à faire les joints des douves et les fonds des barils à poudre.

MM. Western et Cie, de Londres, avaient exposé divers outils-machines dont l'exécution ne laissait rien à désirer. Leurs *scies circulaires* n'exigent pas d'entailles dans les planchers, les renvois intermédiaires étant montés sur le même bâti que la scie, le guide pour scier en long peut se relever instantanément pour le sciage en travers. *Leurs scies à rubans ordinaires* sont montées sur des bâtis très-légers, renforcés de nervures. La lame a sa tension parfaitement égalisée par l'emploi d'un *compensateur élastique*, qui a la forme d'un ressort de voiture; ce réglage excellent a l'avantage de rendre les ruptures de la scie moins fréquentes. La table peut s'incliner pour les coupes en chanfrein, ce qui est encore précieux. *Une scie à ruban*, des mêmes constructeurs, est organisée de façon à rendre le porte-lame mobile, au moyen d'une poulie à course circulaire fonctionnant dans une ouverture pratiquée dans le bâti. L'avantage de pouvoir couper en équerre jusqu'à environ 60 degrés d'inclinaison sur une surface plane frappe tout homme pratique; avec la machine dont nous nous occupons, on arrive encore à un meilleur résultat, car sa table peut être inclinée. C'est l'un des meilleurs outils et des plus intelligemment conçus, que nous ayons examinés. Nous ne dirons rien d'un *menuisier ou métier perfectionné*, sinon que c'est une série d'outils divers manœuvrant sur le même bâti. Une *mortaiseuse* destinée au charronnage, est disposée pour fabriquer les moyeux de roues, ou plutôt pour les évider. Ici c'est encore un forêt qui fait la voie pour préparer l'action du ciseau qui ébauche et équarrit ensuite la mortaise. Un frein puissant donne à l'ouvrier un contrôle immédiat, et un poids balancier arrête le travail du forêt. Nous signalerons encore des mêmes exposants : une intéressante *toupie renversable* ou machine verticale à moulures, qui a pour spécialité la reproduction de toutes les moulures, feuillures et profils sur les parties droites ou cintrées d'une pièce de bois. Cette machine est perfectionnée en ce sens qu'au moyen d'un levier de commande, l'arbre vertical portant l'outil, reçoit une rotation en sens contraire, ce qui permet de continuer le travail de moulurage sans aller contre la veine du bois. On sait que toutes les toupies connues ne tournent que dans un seul sens; nous venons donc de signaler une innovation assez importante. Une grande *machine à moulurer les quatre faces du bois à la fois et à raboter*, qui se distingue par son système d'amenage continu et la

disposition de ses broches verticales inclinables aux angles voulus, complétait la collection de MM. Western que nous retrouverons dans d'autres *Études* (1).

La section américaine. — Nous n'avons guère à citer que les machines-outils exposées par MM. Rogers et Cie, de New-York, entre autres une *scie à ruban* de construction légère et solide, et d'un prix très-modéré (875 francs). Elle est complétement construite en fer et en acier, sauf la table, qui est en bois dur; les roues ont des surfaces en caoutchouc et sont du diamètre de $0^m,92$. *Une scie danseuse* ou à découper, du prix de 625 francs, est construite sur un nouveau plan, sorte de rectangle en fonte, où la force et la légèreté sont heureusement combinés; la table est en bois. La corde en métal est facile à ajuster suivant les dimensions de la scie; les pièces nécessaires à la tension de la corde sont en bois dur, elles n'ont que très-peu de courbure, ce qui permet une marche extrêmement rapide. La scie est attachée des deux côtés par un simple crochet, lequel est retenu par une espèce de clou qui permet instantanément le changement de la scie. La courroie est fixée à un levier d'embrayage. Les poulies font de 12 à 1400 révolutions par minute. Citons encore une *machine à tourner les baguettes* que le menuisier emploie, et qui en produit de 5 à 8 mètres par minute,

La section suédoise. — MM. Jensen, de Christiania, exposaient une *machine à raboter sur quatre faces à la fois*, qui en même temps fait des rainures ou des languettes; sa forme diffère considérablement des outils similaires que nous venons de passer en revue : quatre paires de rouleaux se chargent de l'amenage; la vitesse du rabotage est de 10 à 30 mètres par minute, suivant la force du bois. On relève et on abaisse les rouleaux au moyen d'une roue placée au bout de la machine. Le dessous du bois à travailler est raboté par des fers fixes placés dans une pièce mobile que l'on peut enlever facilement lorsque l'outil ne coupe plus. En avant est un préparateur ou outil rotatif qui enlève les principales inégalités du bois, afin de ménager les fers. Les côtés du bois sont rabotés à l'aide de deux outils rotatifs verticaux et par deux fers fixés terminant le travail de corroyage ou du profilage des languettes et rainures. Enfin la face supérieure au-dessus du bois est dressée au moyen d'un outil rotatif horizontal, et la machine possède encore un autre outil dont le fonctionnement est le même pour pousser des frises et des rainures sur les planches. Tout le bois exposé dans la section norwégienne avait été raboté par cette machine, dont le prix est assez élevé. Elle se fabrique de deux forces : la première, qui peut débiter des bois de $0^m,10$ à $0^m,30$ de large sur $0^m,01$ à $0^m,10$ d'épaisseur, pèse 8,520 kilog. et coûte 7,235 francs; la seconde, qui rabote de $0^m,075$ à $0^m,23$ de large sur $0^m,01$ à $0^m,065$ d'épaisseur, pèse encore 6,480 kilog. et coûte 6,360 francs.

La section française. — MM. Périn, Panhart et Cie, sont les chefs de la maison importante à laquelle on doit la découverte de la scie à ruban et son application au débit des bois. On peut juger aujourd'hui de l'importance de cette invention par le nombre considérable des machines de ce genre actuellement employées et par les incalculables services qu'elles rendent à l'industrie. Avant elles, il n'existait rien pour débiter les bois par traits courbes ou *chantournement*; ces sciages, alors très-difficultueux, se faisaient à la main. Il n'en était pas de même pour le travail du sciage rectiligne, et depuis longtemps, comme nous l'avons dit plus haut, on connaissait les fraises et même les scies à mouvement alter-

(1) *Génie civil.* Outillage et procédés d'État. Voir aussi plus loin, au chapitre II de la présente *Étude*.

natif. Mais les scies circulaires (ou fraises), ne rendent guère de services que pour le débit des bois qui n'excèdent pas 0m,30 de hauteur, passé cette dimension, elles sont coûteuses. On leur reproche encore d'employer trop de force et d'être dangereuses. Quant aux scies alternatives, elles ne peuvent produire un sciage rapide et économique qu'autant qu'elles font plusieurs traits à la fois. C'est après avoir reconnu ces graves défauts, que les exposants ont perfectionné la scie à ruban de façon à lui faire débiter les bois de fortes dimensions, en prenant peu de force et peu de bois. Avec elle, l'avancement se produit avec une grande vitesse, et le travail peut équivaloir à 5 ou 6 lames de scies mues par le mouvement alternatif. De plus, le débit est plus varié, car les scies à ruban se prêtent facilement à toutes les exigences du travail.

Parmi les machines-outils exposées par MM. Périn, Panhart et Cie, on remarquait une *scie à ruban à chantourner* avec bâti en fonte et table inclinable. Le bâti est d'une seule pièce en fonte; sa forme lui donne beaucoup de stabilité, ce qui permet de placer l'outil sur une fondation légère et même sur un plancher d'étage. Une autre scie de la même espèce dite à *lame sans fin pour bois en grume*, s'emploie pour le sciage en plateau, panneaux et feuillets. L'arbre est arrêté par des griffes sur un chariot possédant deux mouvements dans deux sens perpendiculaires; cette disposition permet, une fois la pièce mise en place, de faire autant de traits parallèles que l'on veut, et à diverses épaisseurs. Le chariot portant l'arbre se meut automatiquement avec une vitesse que l'on peut varier à volonté, suivant les dimensions et l'essence du bois; le retour du chariot a lieu avec une grande vitesse. Ce sont ces machines qui remplacent avantageusement les scies alternatives comme nous venons de l'expliquer. Elles peuvent scier de 0m,80 à 1m,30 de diamètre (1) suivant leur force et les dimensions des poulies porte-lames; la force employée est de 5 à 7 chevaux. Leur prix varie de 4,800 à 7,000 francs. Les *scies verticales alternatives à plusieurs lames* sont employées pour débiter en une seule fois les grumes et les fortes pièces équarries de 0m,60, 0m,80 et 1 mètre de diamètre. Elles portent jusqu'à vingt lames, et ne sont même avantageuses que lorsque la moitié de ce nombre est atteint et que le travail est suivi. Le débit considérable effectué dans ces conditions, exige une construction de la plus grande résistance et une certaine perfection. Les modèles des exposants répondent à ces exigences; leurs poids varient de 6,500 à 14,000 kilog. Le prix des machines établies sur trois forces différentes est de 6,500, 8,500 et 12,000 francs; la force employée est de 8 à 15 chevaux selon le cas. Ces machines sont munies de galets cannelés commandés mécaniquement avec des vitesses variables, ce sont eux qui entraînent les bois sous les lames; aux extrémités, ces bois sont maintenus par des wagonnets armés de griffes et roulant sur une voie ferrée. Il n'y a pas de chariot et l'on voit que le sciage peut se succéder pour ainsi dire sans interruption. Plusieurs machines à raboter font aussi partie de l'Exposition particulière que nous étudions; parmi ces derniers outils, nous avons remarqué la *raboteuse à amenage continu, mettant le bois d'épaisseur*, employée couramment pour le corroyage des bois dont l'épaisseur ne dépasse pas 0m,12. Dans cette machine, l'entraînement a lieu au moyen de rouleaux d'avant et d'arrière; la vitesse de rotation de l'outil est considérable, les fers coupants sont droits, ce qui permet un affutage facile, enfin les rouleaux entraîneurs et compresseurs sont disposés de façon à laisser passer à la fois deux planches de petite largeur, ce qui, lorsque se présente ce cas particulier, double la besogne obtenue. Le sapin passe sous le rabot avec une vitesse de 5 à 6 mètres par minute; avec le chêne, cette

(1) Les arbres de 1m,30 de grosseur étant assez rares en Europe, les machines de cette dernière force ne se fabriquent guère que pour l'Amérique.

vitesse est réduite de moitié. La force employée est de 3 chevaux, et le prix de la machine est de 6,000 francs pour la force correspondante au rabotage de $0^m,35$ de large. Ces exposants fabriquent encore une grande quantité d'outils divers, parmi lesquels nous citerons : la *varlopeuse circulaire* dont le porte-outil est un plateau circulaire sur lequel sont fixés deux ou plusieurs couteaux dirigés à peu près dans le sens du rayon ; des *toupies à moulurer* qui se transforment au moyen d'organes additionnels en *raboteuses*, en *fraises inclinables*, en *bouvets* pour raîner et faire des languettes en bout des frises de paquets, en *canneleuses* pour faire les pieds de meubles ; des *machines à mortaiser horizontales et verticales, à faire les tenons*, *à percer*, *à défoncer*, c'est-à-dire à fabriquer les panneaux de menuiserie, préparer les reliefs de sculpture, faire les refouillements, encastrements, etc., des *tours*, des *machines à faire les rais de roues*, à deux et quatre outils, à *corroyer les jantes*, à *mortaiser les moyeux*, etc., etc. Enfin pour répondre à tous les besoins du charronnage, les intelligents constructeurs dont nous décrivons les ouvrages, ont imaginé une *machine à enrayer et à enjanter les roues*. Elle se compose d'un plateau qui porte un axe au milieu et sept presses hydrauliques au pourtour. Ces presses communiquent entre elles par un tuyau circulaire ; elles peuvent fonctionner ensemble ou séparément ; des robinets sont disposés en conséquence. Lorsque l'on veut enrayer, on n'en fait fonctionner qu'une. Au préalable, on amorce chaque rais dans la mortaise du moyeu qui y répond, ensuite on présente successivement les extrémités des rais à la presse qui les enfonce rapidement dans une direction rigoureusement exacte. Pour enjanter, on amorce toutes les jantes sur les broches des rais et on les enfonce en faisant fonctionner toutes les presses à la fois. Pour monter la roue, il suffit d'un quart d'heure. Cette opération permet de ne chauffer le cercle ou bandage qu'à une température relativement faible, contrairement à ce qui se fait dans l'opération ordinaire qui exige un plus grand chauffage, ce qui amène une carbonisation considérable de la jante en contact avec le métal. Cette machine est très-ingénieuse ; elle supprime le travail brutal de l'asssemblage ordinaire de la roue, et surtout les coups de masse qui ne font qu'ébranler les parties déjà ajustées, mais elle a le grand inconvénient de coûter fort cher (7,500 francs).

M. Girard construit depuis de longues années de bons outils destinés aux travaux de la charpente et de la menuiserie. Sa collection se composait de *scies circulaires sans fin et alternatives*, de *machines à raboter à amenage continu*, de *machines à mortaiser*, *à moulurer*, *à faire les tenons et arasements*, *à percer*, *à façonner les rais de voitures*, *d'affûteuses*, etc. ; ces machines ayant déjà été appréciées dans les dernières *Etudes* qui ont précédé la nôtre, nous n'en répéterons pas la description. Il en est de même pour les produits de M. Arbey, dont la *machine à raboter à lames hélicoïdales* a été décrite dans d'autres ouvrages (1). Mentionnons seulement, du premier de ces constructeurs, une nouvelle raboteuse qui se distingue par sa simplicité. Construite tout en métal, elle n'occupe qu'un petit espace ($0^m,60$ carré) ; cependant, et tout en n'employant qu'une force motrice peu considérable, elle peut corroyer des bois depuis 3 jusqu'à 80 millimètres d'épaisseur sur $0^m,33$ de large et une longueur indéfinie. C'est un outil précieux pour le débit du parquet ; il rendra aussi de très-grands services aux carrossiers, aux coffretiers et emballeurs, etc. ; son prix est très-modéré (1,000 francs).

En passant, nous signalerons la belle exposition de scies circulaires, droites, à rubans, de fers à raboter, etc., de M. Mongin, qui fabrique en outre de ces

(1) Voyez l'ouvrage intitulé : *Etudes sur l'Exposition universelle de Vienne*. Paris, E. Lacroix 1876.

organes nécessaires aux machines à travailler le bois, des affûteuses très-bien étudiées et parfaites quant à l'exécution, dont les prix varient entre 80 et 250 fr. Cet industriel est à la tête de l'une des bonnes fabriques de scies françaises, lesquelles sont fort estimées et très-employées, comme on le sait, en Angleterre et en Amérique.

M. Guilliet Perreau, d'Auxerre, exposait une *machine à tourner et à mortaiser les moyeux*, dont l'outil à contre-profil agit en sens contraire du moyeu et produit un résultat aussi exact et aussi parfait que l'obtiendrait un tourneur habile, et cela en quelques secondes. La pièce est ensuite soumise à l'opération du mortaisage qui se fait suivant les principes ordinaires. Un plateau diviseur régularise les espacements des mortaises et la voie s'obtient par l'obliquité que l'on peut donner au chariot pendant que s'effectue l'opération. D'autres machines à *confectionner les rails*, à *dégauchir les jantes*, accompagnaient celles dont nous venons de parler. Celles qui ont trait à l'industrie de la charpente et de la menuiserie étaient : une *machine à corroyer les bois*, de $0^m,48$ à $0^m,60$ de largeur sur les longueurs de 1 à 5 mètres, se composant d'un chariot vertical à marche automatique, agissant rapidement dans les deux sens d'aller et de retour, et sur lequel se fixent les plateaux ou madriers devant être travaillés. L'outil composé d'un disque armé de deux goujes et d'une plane est animé par un mouvement rotatoire, il accomplit son travail de telle sorte que la surface dressée forme un plan très-exact et très-lisse; une *machine à blanchir*, complément de la précédente, dont la table mobile se hausse et se baisse par le système du coin, ce qui fait obtenir un parallélisme rigoureux : son outil est formé de deux lames tranchantes de $0^m,65$ de largeur, dimension maximum des planches à blanchir; une *scie à ruban*; des *machines à mortaiser*, des *toupies* dont les outils sont en tôle d'acier emboutie, profilée et tournée, qui tranche le bois avec une netteté remarquable, etc., etc. Enfin, M. Guilliet Perreau a imaginé divers systèmes de *machines à fabriquer les galoches* très-ingénieuses, qui, avec l'aide de cinq ouvriers, peuvent fabriquer aisément quatre cents paires de ces chaussures en bois dans l'espace de 10 heures.

2° Les machines-outils à travailler les métaux.

Nous n'avons pas ici à décrire les différentes opérations de la forge. Les lecteurs qui voudront être édifiés à ce sujet, pourront avoir recours à différents ouvrages pratiques. Ils trouveront particulièrement des détails de ce genre dans les *Etudes sur l'Exposition universelle de Vienne* (1). Les chapitres spéciaux de ce livre traitent des forges et des soufflets, des accessoires de la forge etc., etc. Les outils principaux dont se sert le forgeron sont figurés aux planches qui accompagnent l'ouvrage auquel nous renvoyons.

On sait qu'il existe deux sortes de marteaux-mécaniques, formidables machines à forger inconnues de nos pères. Dans la première catégorie, se placent les plu anciens, et les moins employés aujourd'hui; nous voulons parler des *marteaux à levier* ou *martinets* (2), qui agissent à la manière de l'outil primitif mû par les bras de l'homme, c'est-à-dire que leur masse, ayant plus ou moins la forme d'un marteau est fixée à l'extrémité d'un manche horizontal ou peu oblique. Après eux viennent les *marteaux à soulèvement*, dont la figure 1 donne une

(1) Un vol. in-8°. 540 pages, 39 figures et 31 planches. Prix, 30 fr. Paris, E. Lacroix, 1876.
(2) Les martinets étaient dans le principe de lourds marteaux, mus dans les usines à abriquer le fer, par le moyen des chutes d'eau.

idée générale. Dans les premiers, le centre d'oscillation est placé entre la masse et la came ; cette masse est à l'extrémité du bras le plus court ; le poids de la tête est variable entre 50 et 200 kilog., la chute est relativement faible, et la vitesse assez grande. Les seconds ont l'arbre à came et la masse placés du même côté que l'axe d'oscillation ; la figure qui précède nous fait voir un marteau de ce genre organisé de telle façon que l'arbre à cames agit sur un empatement placé entre la masse et l'axe oscillant. Dans ce cas, le marteau peut peser de 3 à 6,000 kilog. C'est un engin puissant, dont le fonctionnement est des plus élémentaires.

C'est à l'usine du Creusot, en 1842, que fut construit le premier marteau-pilon vraiment pratique ; M. Bourdon, directeur de l'établissement, en est regardé comme l'inventeur. Cet appareil ingénieux consiste en un pilon de fonte, terminé à sa partie inférieure par un bloc de fer aciéré auquel on donne diverses formes ; il se meut verticalement dans des coulisses ou glissières fixées sur un bâti de fonte, et est attaché à la tige d'un piston fonctionnant dans un cylindre à vapeur vertical. Lorsqu'on veut se servir du marteau, on fait arriver de la vapeur à haute pression qui soulève le piston par sa face intérieure ; lorsque ce dernier est arrivé à la limite de sa course, la vapeur s'échappe, et la masse retombe de tout son poids sur l'enclume placée à la partie inférieure du bâti. Ces mouvements s'exécutent avec la plus grande facilité au moyen d'un jeu de tiroirs que l'ouvrier manœuvre à la main. On accélère ou retarde à volonté les coups ; on augmente ou diminue les chocs au moyen de l'élévation plus ou moins grande de la masse ; enfin on arrête cette dernière à des points déterminés de sa course ; toutes ces opérations secondaires s'exécutent au moyen du même mécanisme.

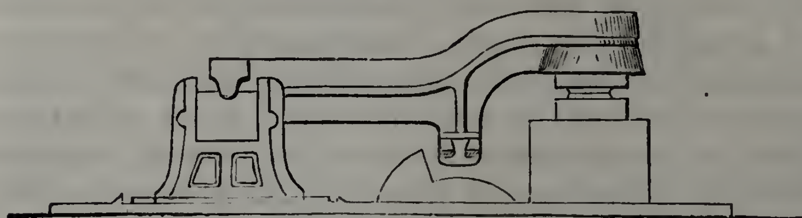


Fig. 1. — Marteau à levier.

Parmi les principaux constructeurs de marteaux-pilons, on connaît surtout les Nasmyth, les Morrison, les Coudré, etc., qui fabriquent surtout des marteaux à simple effet. MM. Warrall, Elwel et Middleton, en construisent qui sont à double action, c'est-à-dire qu'ils agissent en recevant la pression de la vapeur en dessus et en dessous du piston. Ces outils fontionnent avec une grande vitesse, ce qui est toujours un avantage. MM. Farcot ont des marteaux-pilons à action directe de vapeur en dessus du piston, et à contre-pression constante en dessous ; leur effet est considérable.

La *presse hydraulique* a été employée, dans les grandes usines, pour la compression du fer. On obtient, grâce à la puissance de cet appareil, des résultats étonnants ; avec une pression de 400 atmosphères sur un piston hydraulique de $0^{m},50$ de diamètre, on parvient à un effort d'environ 800,000 kilogrammes.

La *presse à macquer*, est un appareil employé en métallurgie. Il fonctionne à charnière et se compose de deux mâchoires en fonte assemblées à la manière d'une paire de ciseaux. L'une de ces mâchoires est fixe ; toutes deux sont planes à l'intérieur et légèrement cannelées. La partie mobile est mise en mouvement par une bielle.

Le *squeezer* est un marteau-presse qui se rapproche beaucoup de la *presse à macquer*. Nous en donnons la figure ci-après (fig. 2). C'est avec lui que l'on comprime les boules aussitôt qu'on les sort du four à puddler ; le réglage des pièces a lieu en les enfonçant plus ou moins entre les mâchoires de la machine. Cet outil a reçu quelques modifications ; mais tel qu'il est représenté ici, il constitue un ensemble très-satisfaisant, et d'une grande puissance.

Nous ne terminerons pas la revue sommaire que nous faisons en ce moment des diverses machines spéciales à forger, sans parler des *appareils Ryder*, composés de séries de marteaux qui agissent à la manière des pilons à mortier de nos diverses fabriques. C'est à proprement parler des batteries de marteaux verticaux frappant sur plusieurs enclumes, et agissant au moyen d'excentriques. Une machine de cette espèce peut frapper jusqu'à mille coups par minute. On l'emploie surtout pour la fabrication des petites pièces estampées, telles que les têtes de boulons, les écrous, etc., etc.

Tout le monde a vu le marteau à vapeur exposé par les usines du Creusot. Ce formidable outil qui a été construit de 1875 à 1877 pour forger les grosses pièces d'acier, est installé avec les quatre fours nécessaires au chauffage des pièces et ses grues, dans un grand bâtiment entièrement métallique auquel il a fallu donner les dimensions suivantes : longueur 50 mètres; largeur 35 mètres; hauteur au-dessous des fermes 17 mètres. Le poids total des parties métalliques de l'outil est de 1,280,000 kilogrammes; celui de la masse active est de 80 tonnes, sa chute maxima est de 5 mètres. Les bâtis qui forment l'arcade laissent une hauteur disponible de 3^{m},20; entre les arcs est une largeur de 7^{m},50. Enfin le poids de la chabotte et de l'enclume est de 750,000 kilogrammes. Les pièces à forger se préparent dans les quatre fours dont nous venons de parler, ils sont munis chacun d'une grue métallique. Trois de ces grues sont d'une puissance de 100 tonnes; la force de la quatrième est de 160 tonnes. Pour la manœuvre des pièces à forger, chaque grue peut exécuter les quatre mouvements suivants : 1° un mouvement de rotation autour du pivot; 2° l'ascension ou la descente de la charge; 3° la translation de celle-ci dans le sens de la longueur; 4° la rotation de la charge sur elle-même. Les fours sont chauffés au gaz. Leur compartiment intérieur a une longueur de 4^{m},30, une largeur de 3^{m},40 et une hauteur sous voûte de 2^{m},60. La porte qui donne accès à ce compartiment est manœuvrée par un moteur hydraulique.

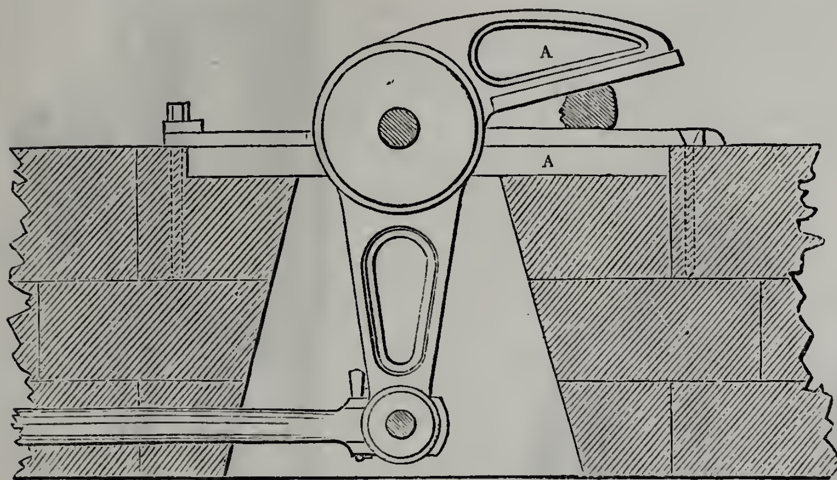


Fig. 2. — Le squeezer.

Parmi les constructeurs de marteaux-pilons, nous avons remarqué MM. B. et S. Massey, fabricants spécialistes de Manchester, qui exposaient des marteaux à double action, travaillant sans vibrations ni secousses, et dont les formes offrent de bonnes conditions de forces et de facilités pour le travail. Les masses varient entre 25 et 1000 kilogrammes; c'est-à-dire que ces outils répondent à toutes les exigences des travaux moyens Le marteau-pilon de 25 kilogrammes (fig. 3) s'emploie pour forger les petits articles que l'on fait ordinairement à la main; il peut frapper jusqu'à 400 coups à la minute. C'est un excellent outil pour la fabrication des objets de dimension restreinte. La course du coup est de 0^{m},275, le poids total n'est que de 650 kilog., y compris 250 kilog. pour l'enclume. On peut y forger des pièces ayant jusqu'à 0^{m},05 de diamètre, avec la pression ordinaire. Cette force peut être augmentée avec l'emploi de la vapeur à haute pression. Il peut fonctionner aussi par une pédale; cette organisation est suffi-

sante pour forger les articles de coutellerie, les limes, la petite quincaillerie, etc. Son mouvement automatique est très-simple.

Les marteaux-pilons de force supérieure, sortant des mêmes ateliers ont des bâtis à arcades simples ou doubles bien proportionnées; la course est générale-



Fig. 3. — Marteau-pilon de MM. B. et S. Massey.

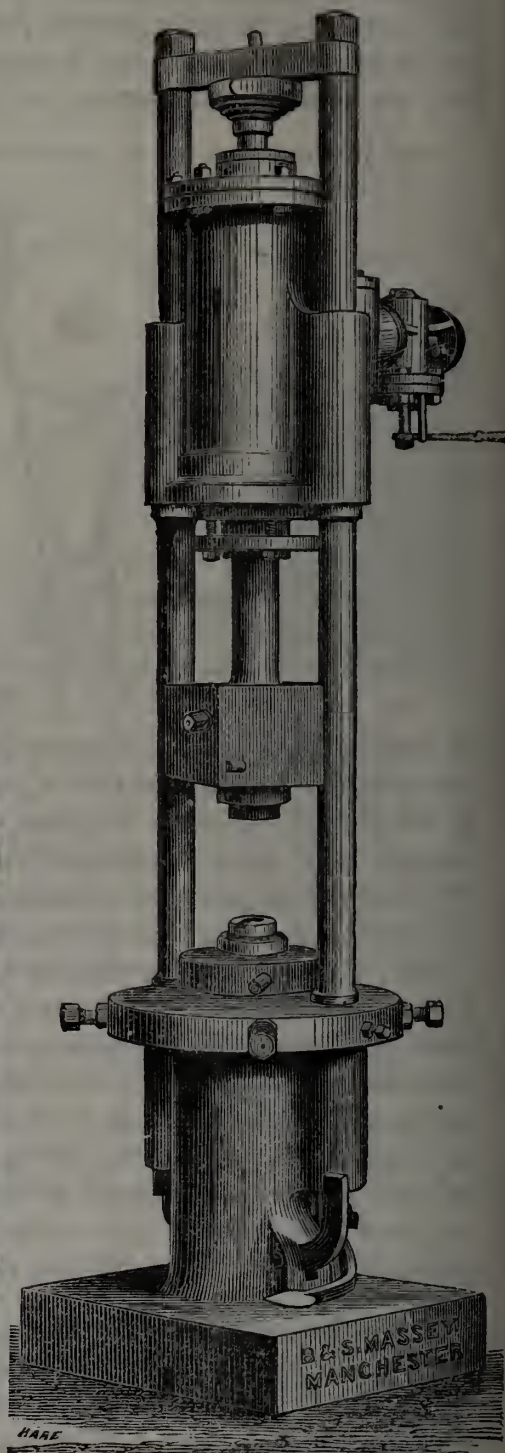


Fig. 4. — Machine à forger et à estamper.

ment courte et rapide. Dans celui de 250 kilog., dont la masse avec sa tête et le piston pèse environ 250 kilog., la vapeur étant à la pression de 2 atmosphères $^2/_3$, la force du coup donne un effet écrasant de 30,000 kilogrammes. Un marteau de 1,000 kilog. a $0^m,70$ de course et pèse 11,000 kilog., l'enclume en plus, soit ensemble un poids de 19,000 kilogrammes.

D'autres machines à forger, et qui sont conçues dans le même genre que les

marteaux-pilons, sont destinées à enlever des pièces frappées entre deux poinçons. Ce sont, à proprement dire, des estampes qui se manœuvrent à la main ou à la vapeur; leurs masses sont du poids de 25 à 500 kilogr., les cylindres varient entre $0^m,12$ et $0^m,30$, la course est de 0,275 à 0,675. Ces machines fonctionnent ainsi: lorsque la vapeur est introduite dans le cylindre, le piston remonte de toute sa longueur et reste dans cette position jusqu'à ce que le levier de la soupape soit abaissé. Il descend alors, frappe, remonte de nouveau, et laisse un espace libre entre le poinçon et sa matrice, ce qui permet d'enlever l'article fabriqué. Il est évident que cet outil ingénieux est appelé à rendre les plus grands services dans les ateliers où les forgerons ont jusqu'à présent rendu certaines pièces très-onéreuses, par suite de la difficulté de leur fabrication. Il en est ainsi des moufles, des clefs à écrous, des boulons à six ou huit pans, des têtes à douille, des brides à jumelles, des écrous à lanternes ou à oreilles, etc., etc., toutes pièces difficiles à masses réservées ou enlevées que l'on peut facilement et vivement fabriquer avec la machine à forger que représente la figure 4.

L'ajustement difficultueux des pièces importantes de métal qui rentrent dans la construction des édifices, des navires et des machines, a été la cause principale de la création des machines-outils que nous allons décrire. Les unes exécutent le travail qui s'effectuait autrefois au moyen du burin et de la lime, les autres remplaçent les outils imparfaits qui servaient jadis à percer, tarauder, etc. Ces dernières (fig. 5) ont supprimé la vieille machine à forer à fût carré, la filière et le tourne-à-gauche que nous avons fait fonctionner nous-mêmes, il y a quelques quarante ans. Les avantages qui ont résulté de ces inventions remarquables sont nombreux. En première ligne, on obtient avec eux une précision à laquelle il était impossible d'atteindre avec les anciens procédés. Le travail, devenu plus parfait, s'exécute dans un espace de temps beaucoup moindre, et l'ouvrier, plus maître de lui-même, le dirige avec plus d'intelligence sans épuiser ses forces.

Dans la section anglaise, nous avons remarqué l'exposition de MM. Smith et Coventry, de Manchester. Parmi les machines-outils de leur fabrication, nous citerons un tour à fileter avec lequel il est facile de tarauder, dans l'espace de neuf heures, 1,000 boulons tournés à $0^m,019$ de diamètre. Dans cet appareil, un mandrin concentrique est porté par la selle; les trois coussinets qu'il reçoit avancent vers le centre ou s'en éloignent simultanément, au moyen d'un levier. Il porte aussi une graduation et une aiguille, ainsi qu'une butée mobile, au moyen de laquelle les coussinets peuvent être réglés pour se rapprocher à la dimension voulue, et il peut tarauder un nombre non limité de pièces, sans démonter aucune de ses parties. Ce tour à fileter est muni de coussinets à évasement de façon que chaque filet agit énergiquement, et de manière à obtenir douze pointes coupantes pour trois coussinets, ce qui produit un travail très-court et très-vivement fait.

Un autre tour est destiné à tourner et fileter les vis à tête cylindrique et autres petites pièces à enlever dans la barre, et sur lesquelles on doit faire agir successivement des outils de formes différentes. L'arbre en fer forgé, avec portées trempées, est creux pour que l'on puisse y introduire la barre ; l'extrémité formant nez, est évidée intérieurement de forme conique, pour recevoir des manchons fendus, et taraudée extérieurement pour recevoir un mandrin, lequel étant vissé à fond, pousse le manchon dans le cône et l'oblige à maintenir la barre bien centrée. Le tour est à fond plein formant l'auge et muni d'un robinet pour vider l'huile ou l'eau de savon. La selle est à chariot; elle marche à la main au moyen d'un pignon et d'une crémaillère; elle est munie d'un support dit *revolver*, parce qu'il peut recevoir cinq outils différents.

Les mêmes constructeurs présentaient diverses autres machines parmi lesquelles

on remarque une *machine à fraiser universelle, américaine, perfectionnée.* Elle taille les alaisoirs, les forets hélicoïdaux, les tarauds, les fraises cylindriques et coniques avec cannelures parallèles ou en spirales, les engrenages de toute espèce. Elle consiste en une pièce creuse portant la poupée de commande et munie de glissières sur lesquelles est placé un support à genouillère qui a un

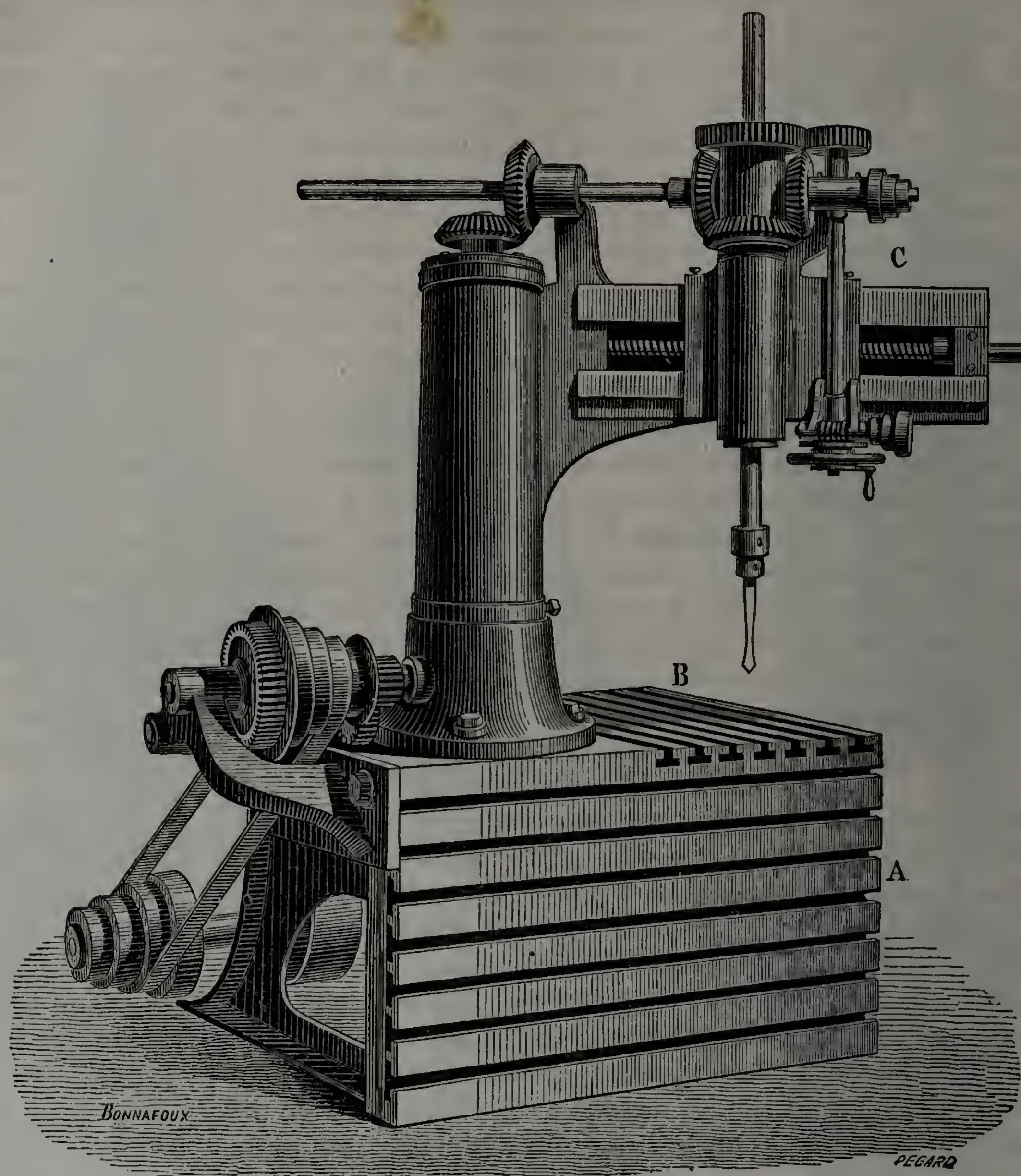


Fig. 5. — Machine radiale à percer.

mouvement vertical au moyen d'une vis et d'une manivelle; un cadran divisé permet de graduer l'ajustement vertical à un quarantième de millimètre. Le support à genouillère porte le plateau, lequel a des glissières longitudinales et transversales. Ce plateau, disposé de façon à pivoter sous tous les angles, est muni d'un mouvement qui commande le chariot. Le plateau comprend une paire de têtes universelles; l'une d'elles porte un mandrin à trois griffes de Horton, pour saisir l'objet, l'autre porte une pointe à centrer. La poupée porte-mandrin a un arbre creux muni d'un engrenage hélicoïdal et d'un cadran gradué.

Une machine à colonne, à émeuler les fraises jusqu'au diamètre de 0m,20 et la largeur de 0m,15; diverses machines à raboter avec dispositions spéciales pour relever l'outil au-dessus de la pièce en travail pendant le retour de la table à

chariot, enfin des porte-outils ingénieux composaient aussi l'exposition de ces constructeurs dont les produits sont en général très-remarquables.

MM. Sharp, Stewart et Cie aussi de Manchester, ont soumis à l'appréciation du public diverses machines-outils très-bien conçues et parfaitement exécutées. Une machine à raboter sur laquelle on peut dresser une pièce de 3m,048 de longueur sur 1m,066 de large, un très-bel étau-limeur, un tour parallèle à fileter dont le bâti a 4m,876 et le banc 3m,200 de longueur, une machine à mortaiser et raîner, diverses machines à percer radiales et verticales, à alaiser, à tarauder

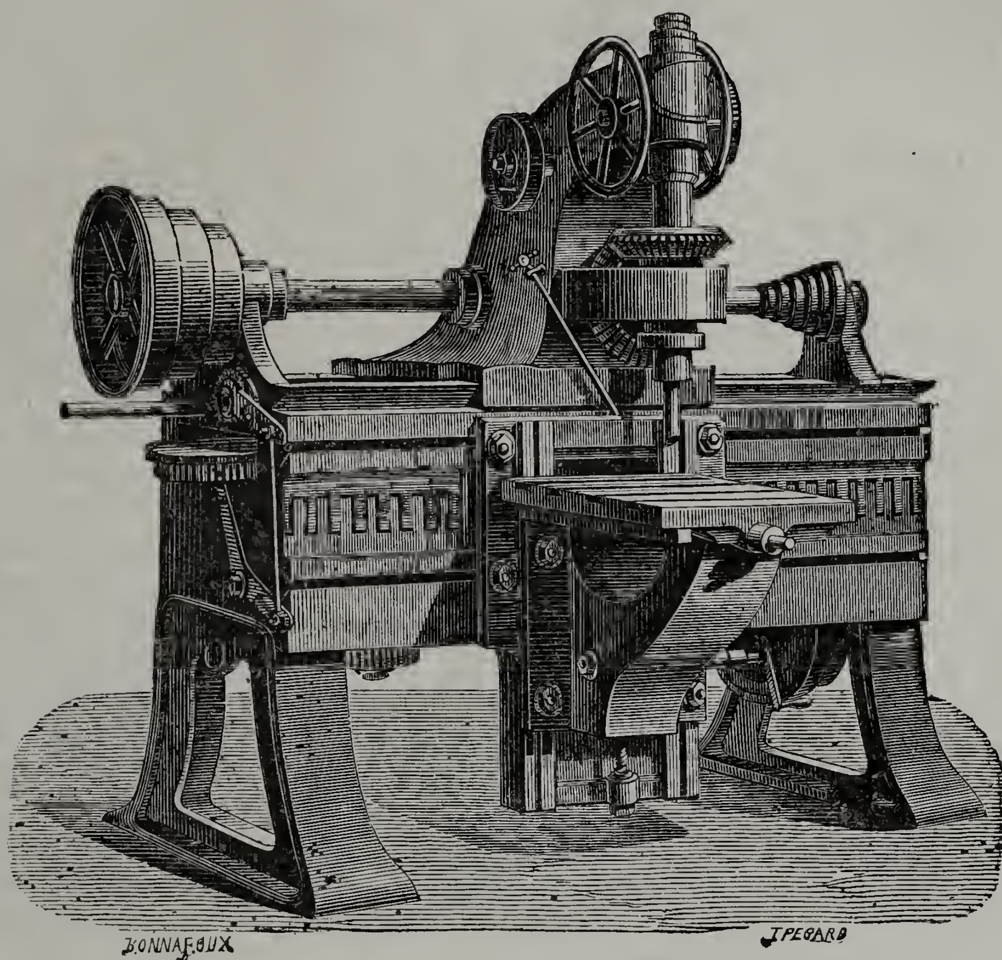


Fig. 6. — Machine à percer de MM. Sharp, Stewart et Cie, de Manchester.

des boulons et des écrous de 0m,038 à 0m,076 de diamètre, composaient une très-belle exposition devant laquelle tout connaisseur était forcé de s'arrêter et d'admirer.

La figure 6 représente une machine à percer construite par les exposants. Elle a l'aspect ramassé. La pièce à forer est fixée sur un tablier horizontal *a* et l'outil *b* est disposé verticalement. La poulie principale détermine le mouvement de rotation du forêt; à l'autre extrémité de ce premier arbre, une autre poulie transmet son mouvement à un arbre parallèle placé dans le bas de la machine, il est fileté et fait mouvoir un système d'engrenages qui commande la roue elliptique. L'avancement de l'outil se produit à chaque fin de sa course au moyen d'un renflement que porte cette roue sur sa face inférieure. Ce renflement abaisse un levier, et relève une branche armée d'un cliquet qui agit sur un rochet correspondant; cette action intermittente est transmise à l'arbre horizontal qui donne le fer par deux petits arbres intermédiaires et leurs pignons. On règle la course avec une manette, en agissant sur un arbre fileté qui permet

le déplacement du bouton de manivelle. Le chariot porte-outils peut d'ailleurs obéir au déplacement de la tête de bielle, en quelque position qu'il se trouve.

MM. Thomson, Sterne et Cie exposaient une série tout entière d'appareils à dresser et à polir les métaux par le procédé du meulage. On sait que les meules artificielles, désignées généralement sous le nom de *meules en émeri*, sont des masses compactes formées d'une multitude de parties minérales à aspérités tranchantes et d'une dureté excessive, réunies par une substance agglutinante. Le mordant entre dans la composition des meules dans la proportion de 90 %, contre 10 % d'agglomérant. En Angleterre et en Amérique l'émeri est presque exclusivement usité (1), tandis qu'en France on emploie surtout le grès et le silex, minéraux indigènes de faible valeur. Le meilleur des émeris est celui de Naxos dont la composition est la suivante :

Alumine	83.82	= 100
Silice	7.82	
Oxyde de fer	7.73	
Eau et pertes	0.63	

Les émeris et autres mordants sont moulus, puis triés et classés par grosseur. Quant aux agglomérants, on remarque : la *laque* que l'on recueille sur diverses espèces d'arbres dans les Indes et qui a l'inconvénient de fondre à une température relativement faible (130 degrés environ) ; l'*oxyclorure de magnesium*, très-énergique ; le *caoutchouc*, qui se liquéfie aussi à 130 degrés ; mais qui présente de grandes conditions de résistance.

Les meules ainsi constituées sont livrées au commerce sous une forme très-simple : celle de disques, d'épaisseur et de diamètres variables, percés au centre. Convenablement installés et animés d'une vitesse suffisante, ces disques représentent de puissantes limes rotatives dont les applications, déjà nombreuses, tendent encore à s'accroître de jour en jour, apportant une grande économie de temps dans les opérations d'ajustement et de fini des pièces. Dans les fonderies, on emploie ce procédé pour l'ébarbage ; dans une foule d'industries, c'est la meule en émeri qui use le métal pour lui donner les surfaces planes ou courbes qui lui sont nécessaires ; ce sont là les opérations du dressage (2). Par les mêmes procédés, on obtient le polissage. C'est ainsi que l'une des machines exposées polit des poulies de transmission de $0^m,115$ à $0^m,610$ de diamètre sur l'épaisseur maximum de $0^m,305$.

Une autre machine à dresser les surfaces des objets de grande pesanteur présente cette particularité qu'elle est suspendue au plancher haut de l'atelier,

(1) L'émeri est un *corindon*, produit minéralogique le plus dur après le diamant. Autrement dit, c'est un oxyde d'aluminium pur. Diversement coloré, il constitue des pierres précieuses telles que le rubis, le saphir, l'émeraude, la topaze, le grenat, l'améthyste.

(2) Les meules sont d'invention toute moderne, on pourrait même dire récente ; cependant leur emploi est déjà très-répandu, surtout en Angleterre et en Amérique. En France, quoique beaucoup de chefs d'industrie n'aient pu encore se pénétrer des avantages que présentent ces engins, leur extension semble prendre des proportions de plus en plus considérables, en raison de la diversité de leurs applications. Parmi celles-ci, citons : *le dressage des charnières*, *l'affûtage des scies, des lames à longs tranchants, des fers de toupies*, *le tournage des poulies*, *le dressage des surfaces*, *etc.*, *etc.* Enfin, les meules ont été adaptées, en remplacement de l'outil en acier très-connu, sur diverses machines à raboter ; cependant il nous semble difficile d'admettre qu'elles puissent rendre les mêmes services que celui-ci. Cependant, quand l'ouvrier qui conduit la meule est adroit, il acquiert une telle habileté que, dans beaucoup de cas, il peut lutter très-avantageusement contre l'étau-limeur.

elle porte au bout de deux bras horizontaux : d'un côté la meule, de l'autre un contre-poids. La pièce à travailler est amenée perpendiculairement à la machine au moyen de rails, elle subit l'action du frottement sur toutes ses faces, et cette opération se fait avec une très-grande facilité, car la meule peut se mouvoir en avant comme en arrière.

Les machines à dresser des exposants font de 630 à 1910 tours à la minute, elles portent chacune deux meules variant entre les diamètres de $0^m,305$ et $0^m,915$, leurs épaisseurs sont de $0^m,013$ à $0^m,100$. D'autres machines du même genre sont disposées pour exécuter les opérations délicates de l'affûtage des scies, la meule fonctionne alors dans un support à coulisse qui est équilibré et que l'on fait descendre à la main jusqu'à la scie; ce support peut être placé à l'angle voulu pour donner la coupe à la scie, la meule donne la voie et affûte les dents du même coup. La lame est placée dans un étau en fonte mû longitudinalement sous la meule au moyen d'une crémaillère et d'un pignon qui commandent une manivelle. Enfin les dents des roues d'engrenage peuvent être ébarbées par une autre machine spéciale qui travaille deux de ces roues à la fois au moyen de deux meules en émeri comprimé, fixées sur le même arbre, lequel est commandé par la transmission intermédiaire de la machine. Ces meules sont de dimensions différentes et sont profilées pour s'adapter à la forme des dents des engrenages. La position de la roue à travailler se règle par le déplacement du centre sur lequel elle tourne, et par la vis placée au-dessous, et une fois cette position réglée, il n'est plus besoin de s'occuper de la machine, la roue tournant automatiquement sur elle-même de la quantité voulue et étant retenue en place par une disposition de rochets, jusqu'à ce que la dent soit ébarbée. On peut faire subir cette opération à 4000 dents par heure, au moins. Les constructeurs affirment même que ce résultat peut être atteint sur le double de ce chiffre, en opérant sur des roues de $0^m,380$ à $0^m,710$ de diamètre, mais nous croyons qu'il y a là un peu d'exagération.

Avant de quitter la section anglaise, nous avons à signaler le tour à percer des trous carrés de M. Julins Hall. C'est un appareil de petite dimension, mais des plus curieux et qui constitue une invention très-utile, il a vivement attiré l'attention des visiteurs. Il consiste en une sorte de foret ou vilebrequin qui, par un mouvement de rotation sert à percer des mortaises de dimensions variables suivant la force de l'outil adapté. La portée de cet outil nouveau est considérable pour pratiquer dans les bois et les métaux, les entailles carrées que l'on exécutait jusqu'à présent, au moyen de deux opérations distinctes : le percement cylindrique et l'équarrissage. Avec lui on gagne tout à la fois, la précision mathématique, la rapidité et une grande facilité d'exécution.

La fabrique d'outils et de machines d'Oerlikon, près Zurich (Suisse), avait exposé une série de tours, de machines à tailler les vis et écrous, de raboteuses, de machines à percer très-bien exécutés, mais dans lesquels nous ne voyons aucun perfectionnement.

Dans la galerie des machines françaises, citons en passant : MM. Sibillat et Cie pour la bonne confection de leurs cisailles à couper les métaux, le carton et le cuir; la machine à tailler les limes de M. Mondon, très-curieuse et très-économique, car elle produit journellement un travail égal à celui de 16 ouvriers. Elle taille quatre limes à la fois; à cet effet, elle est armée de quatre marteaux dont deux sont à ciseaux adhérents et deux à ciseaux libres.

MM. Sculfort, Malliar et Meurice, de Maubeuge, exposaient de très-bons et beaux outils courants, tels que : étaux, vérins, poinçonneuses, machines à percer de toute espèce, ainsi que des machines à cintrer des fers plats ou profilés. Mais tous ces appareils sont établis sur des modèles ou des types connus; ils n'offrent donc rien de particulier à décrire.

M. Denis Poulot, de Paris, fabrique très-intelligemment les machines à user le métal, autrement dit, les meules artificielles en mordant aggloméré dont nous venons de parler plus haut. Il exposait l'un de ces outils dont le diamètre est de 1 mètre et l'épaisseur de $0^m,200$, sa vitesse est de 26 mètres à la seconde, et à la circonférence de 500 tours à la minute. Le bâti est en fonte; c'est une auge reposant sur deux pieds doubles formant saillie en avant de la course de la meule, ce qui permet de donner un espace très-suffisant au placement des chariots qui reçoivent l'objet à dresser. Les poulies de commande ont $0^m,30$ de diamètre; la courroie $0^m,10$ de large; la force employée varie de 1 à 2 chevaux-vapeur. L'appareil complet coûte 2,200 francs.

Le même constructeur exposait encore un *lapidaire vertical*, ou grande meule de $1^m,130$ de diamètre, disposé pour user les surfaces sur le côté et non sur le dessus du disque. C'est là, croyons-nous avec l'inventeur, la véritable machine à meuler du mécanicien. La commande est placée à l'arrière; le bâti en fonte forme palier à l'arbre. Du côté opposé, c'est-à-dire en avant de la meule, ce bâti forme banc, ou plutôt saillie d'appui; c'est là que le chariot qui porte les pièces à dresser fonctionne. L'ouvrier est debout, dans une position régulière et travaille conséquemment sans aucune fatigue. Le prix de la machine ainsi constituée est de 3,000 francs, sa vitesse est de 500 tours à la minute. Citons enfin, une machine dont le bâti reçoit en saillie une meule de $0^m,80$ de diamètre et $0^m,10$ d'épaisseur; elle tient peu de place et prend un demi-cheval de force. Sa disposition permet de dresser des pièces de forme irrégulière; elle rend de grands services dans les ateliers de montage, de petite tôlerie et de serrurerie d'art; les fondeurs en cuivre et en fonte malléable peuvent aussi s'en servir utilement pour l'ébarbage; son prix est de 1,000 francs.

Deux types de machines à refouler et à souder les cercles de roues, l'une à levier, l'autre à volant, étaient exposés par M. Dard, de Paris. Sur un bâti en forme de chaise, une table en deux parties fonctionne à crémaillère et à engrenage de façon à opérer un rapprochement, puis un refoulage à pression considérable, ce qui amène la soudure. Ces machines nous ont semblé présenter une supériorité incontestable sur tous les appareils analogues; elles sont simples, solides et puissantes. En moins de dix minutes, avec l'aide de deux hommes seulement, elles exécutent un travail qui, par les procédés ordinaires, exige au moins quatre hommes et une demi-heure; l'économie réalisée est donc considérable. La façon d'opérer est celle-ci : lorsqu'un bandage de roue est cintré, il suffit de mettre au feu la partie à souder, sans amorcer; quand le fer est à blanc comme pour les soudures ordinaires, on le pose sur la machine; un seul homme placé à la manivelle fixée sur le volant, suffit pour cette opération rapide et refoule le fer autant qu'on le veut. Pour le châtrage des cercles, on les fait chauffer dans une partie quelconque de la circonférence; le refoulement s'opère avec autant de rapidité que de précision. Des griffes à leviers maintiennent l'objet à travailler en place. Le même exposant fabrique des machines à cintrer les fers sur champ à l'usage des serruriers, des charpentiers en fer, etc., qui ne sont autre chose que des appareils à cylindres compresseurs; elles occupent peu de place, et sont très-faciles à manœuvrer. Enfin des machines à percer, à ajuster les ressorts, bien comprises, sortent encore des ateliers de ce constructeur qui nous a semblé livrer à l'industrie des produits excellents et à bon marché.

L'un des plus beaux et des plus intéressants outils à travailler les métaux était exposé par MM. Varrall, Elwell et Middleton, ingénieurs-mécaniciens de Paris. C'est une machine à raboter dont la fig. 7 est le prototype, véritable monument de métal dont le poids énorme atteint 58,000 kilogrammes. La longueur de son banc est de $9^m,00$; elle peut raboter une table de 6 mètres de longueur, $2^m,32$ de large et $2^m,30$ de hauteur. Les mouvements automatiques : transversal, vertical

et oblique pour chacun des porte-outils placés sur le chariot transversal, sont indépendants; la commande de ces mouvements est prise d'un même côté de la machine. Chacun des outils sur les montants est muni des mouvements ci-dessus indiqués. Le chariot transversal et chacun des porte-outils sur les montants sont munis d'un mouvement mécanique de montée et de descente; les leviers de débrayage de ces mouvements sont placés de chaque côté de la machine, à portée de l'ouvrier. Rien de plus curieux que de voir fonctionner cette gigantesque raboteuse qui dresse sans le moindre effort des rails dans toute leur longueur.

A côté de cette machine, était un tour à fileter et à charioter, du poids de 47,000 kilogrammes dont la hauteur des pointes est de $0^{m},850$; la longueur entre elles est de 8 mètres; la dimension du banc est de 12 mètres. C'est dire que

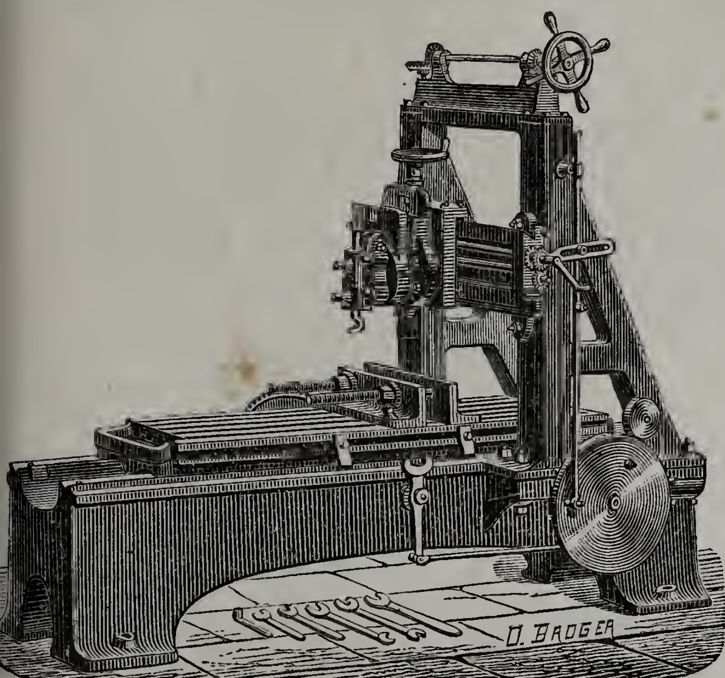


Fig. 7. — Petite machine à raboter.

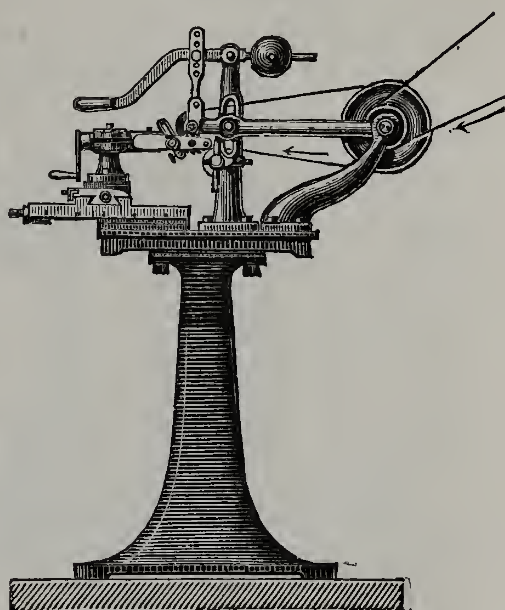


Fig. 8. — Machine à affûter les fraises.

nous étions encore en présence d'un outil-géant. Il est muni d'une poupée fixe à quinze vitesses; les mandrins et les arbres intermédiaires sont en acier; les collets avec chapeaux et coussinets cylindriques sont en bronze; le banc est double avec deux chariots porte-outils indépendants avec mouvements automatiques sur les deux sens. L'un de ces chariots est en outre garni d'une vis mère en acier qui sert pour le filetage. Le banc est disposé pour recevoir une deuxième vis semblable; les chariots portent les leviers de débrayage du tour ainsi que les leviers d'arrêt et de changement de chariotage indépendants l'un de l'autre; les crémaillères servent également pour les déplacements à la main des chariots, de la poupée mobile et de la lunette.

Enfin d'autres outils remarquables par leur puissance, tels qu'un tour à fileter à deux outils, du poids de 10,500 kilogr.; un tour à charioter les tiges de boulons; une machine à aléser pesant 15,500 kilogr. qui peut travailler jusqu'à $0^{m},450$ de diamètre; une énorme mortaiseuse; un magnifique étau-limeur avec appareil diviseur pour le façonnage des écrous; une belle machine à percer à pédale avec table de $0^{m},36$ sur $0^{m},24$ complétaient l'intéressante exposition que nous venons d'examiner.

Une très-ingénieuse machine à affûter les outils à dentures multiples, tels que les fraises, alésoirs, tarauds, etc. a été présentée par M. Kreutzberger, dont les ateliers sont établis à Puteaux (Seine). Cette affûteuse (fig. 8) porte une meule dont les mouvements sont d'une grande mobilité. La fraise est montée

sur une main métallique supportée par un chariot à mouvements divers, ce qui permet d'affûter avec la plus grande facilité toutes les formes d'outils concaves, convexes, hélicoïdes, etc., etc. Une seule difficulté a empêché jusqu'à ce jour la généralisation de l'emploi des fraises; c'est celle de leur entretien, et cet obstacle nous paraît éliminé par l'emploi de la machine exposée.

M. Launoy, de Paris, nous a montré un tour universel et de précision, marchant à pédales ou par moteur, et pouvant charioter, fileter, diviser, percer et fraiser les métaux, le bois et les autres matières. Cet outil est très-bien exécuté dans toutes ses parties; son chariot est muni d'un disque horizontal gradué en degrés et en dixièmes de degrés; on l'actionne au moyen d'une vis tangente; ce chariot reçoit une lunette à suivre. La contre-poupée est disposée pour que l'ouvrier puisse instantanément la déplacer et la fixer dans une position quelconque, sans avoir besoin de chercher une clef de serrage. Indépendamment de ces organes, le tour est muni des appareils nécessaires à fraiser et à tailler les roues d'engrenage de toute nature, ainsi que les tarauds et alésoirs, et à percer ou fraiser en bout. On peut donc encore, à l'aide de cet outil à usages multiples, diviser et percer des plateaux, fileter intérieurement et extérieurement, fraiser des rainures droites et circulaires sur une surface plane, etc., etc.

M. Victor Jamelin exposait un chariot à mouvements multiples pouvant donner à lui seul les positions diverses de quatre chariots. Il nous a paru appelé à rendre de très-grands services pour la fabrication des pièces délicates qui exigent d'ordinaire l'emploi d'une multiplicité d'autres instruments, car son porte-outils pouvant se présenter dans tous les sens pourra remplacer souvent les machines à raboter et les étaux-limeurs.

MM. Périn, Panhard et Cie, ont disposé l'une de leurs scies à ruban de façon à scier les métaux les plus durs. La lame de cet outil a été, à cet effet, fabriquée spécialement avec des aciers fondus de premier choix, et sa trempe a été exécutée dans des conditions tout-à-fait exceptionnelles. Le résultat obtenu a été des plus étonnants; le public de l'Exposition était stupéfait de voir débiter des pièces de fer presque aussi facilemént que le bois. Dans l'espace de quelques minutes, la scie à ruban coupait un rail en acier Bessmer, tout en dressant la section à la manière d'une raboteuse. Avec la poulie porte-lames de 1 mètre de diamètre, un chariot pour le sciage rectiligne et les cônes nécessaires pour obtenir des changements de vitesse, une scie à ruban à lame sans fin pour scier les métaux coûte 3,300 francs. C'est un outil des plus précieux, dont la place est indiquée dans tous les ateliers de mécaniciens, et des industriels qui s'occupent de la fabrication des objets de précision.

Une médaille d'or bien méritée a été décernée à M. Bouhey, dont la réputation de constructeur de machines-outils est pour ainsi dire universelle. Nous avons été l'un des premiers à reconnaître la perfection des machines exposée par cet habile mécanicien, à qui il est juste de rendre le tribut d'hommages qui appartient à tous les hommes dont les débuts modestes sont suivis, grâce à un travail opiniâtre, de succès rapides et éclatants. Parmi les productions de M. Bouhey, nous citerons : un tour à fileter de 0,250 de hauteur de pointes (fig. 9) un grand tour double pour roues de locomotives, avec commande séparée ou simultanée, qui a frappé tous les regards par son aspect majestueux et ses belles proportions. Sa hauteur de pointes est de $1^m,255$, le diamètre des plateaux est de $2^m,500$, la longueur du banc atteint $8^m,250$. Son poids est considérable : 56,800 kilog. Il a quinze vitesses différentes pour tourner des diamètres de $0^m,100$ à $2^m,500$. Les plateaux portent des rainures transversales pour recevoir des poupées à mordages et à talons de retenue se déplaçant facilement et pouvant serrer les pièces extérieurement et intérieurement. Les commandes, séparées des plateaux, sont supportées par

des poupées qui se meuvent parallèlement, au moyen de crémaillères pour faire engrener les pignons, et éviter qu'ils soient en porte-à-faux. La commande simultanée, dont l'arbre est monté sur paliers-graisseurs (1), s'effectue en dégrenant les deux poupées des plateaux dentés, et en faisant engrener le pignon du côté de la poupée de gauche, qui se meut longitudinalement avec la grande roue du bas, par l'axe de laquelle sont entraînés les deux pignons commandant les deux plateaux. Les mouvements excentriques donnant l'avancement automatique aux chariots, sont montés sur les extrémités des arbres et sur les butées pour qu'ils soient plus faciles à approcher et à régler. Les bonnes proportions de cet outil puissant nous ont séduit : dans tous ses détails, il nous a paru très-supérieur aux tours de construction récente, et toutes ses améliorations nous ont semblé des plus importantes.

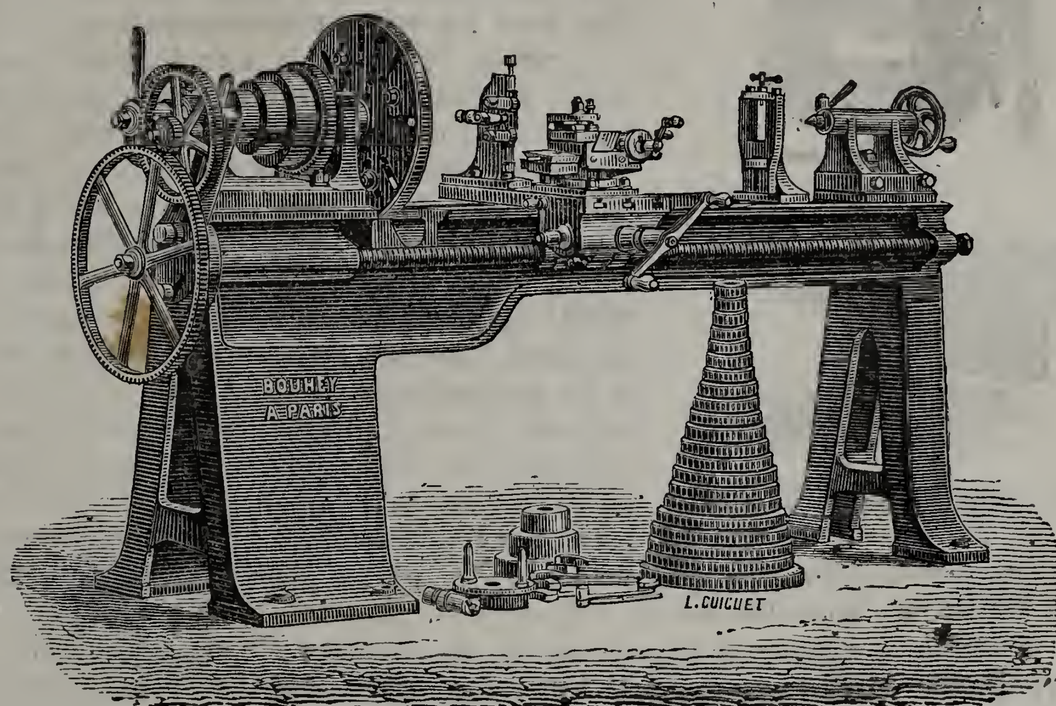
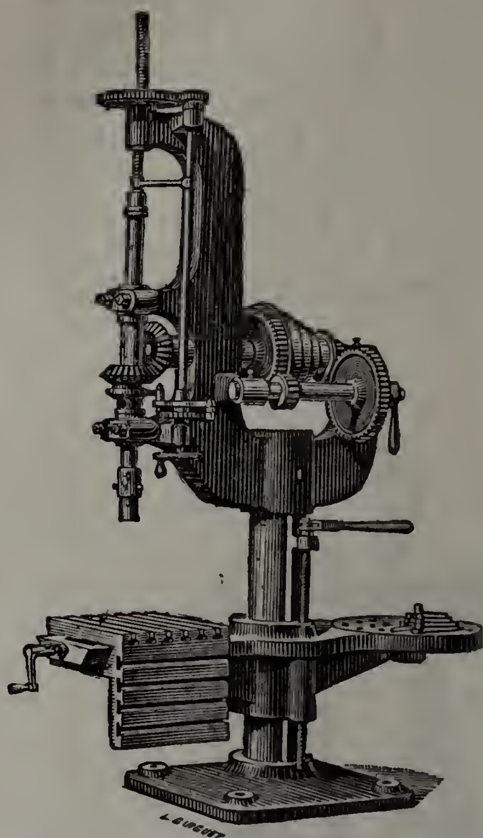


Fig. 9. — Tour à fileter de 0^{m},250 de hauteur de pointes.

Après l'outil que nous venons de décrire, vient une grande machine à percer radiale, de larges dimensions, dont la course verticale est de 1 mètre, et la course horizontale du chariot porte-outil, de 0^{m},600 à 2^{m},000. Son poids est de 12,600 kilog. Voici quelles sont ses principales dispositions : sur une large assise, dont une partie forme table d'amarrage, s'élève une colonne formant support principal; un bras radial, commandé au sommet, et glissant circulairement sur cette colonne, peut, en se déplaçant au moyen de systèmes aussi simples qu'ingénieux, présenter le porte-outil sur tous les points de la circonférence formée par son extrême portée, et cela sans le moindre effort, malgré les énormes proportions de la machine. En effet, grâce à une série de galets coniques, interposés entre la base de la colonne et le bras radial, le frottement de glissement est transformé en un frottement de roulement qui s'exécute avec la plus grande régularité. Enfin, une disposition particulière facilite au perceur, au moyen de deux volants placés sur le porte-outil, le déplacement du foret, opération assez difficultueuse dans les machines radiales ordinaires. Ce mouvement automatique pour élever ou descendre le bras radial, et cette disposition de volants de déplaçage d'outils complète et améliore singulièrement la machine à percer

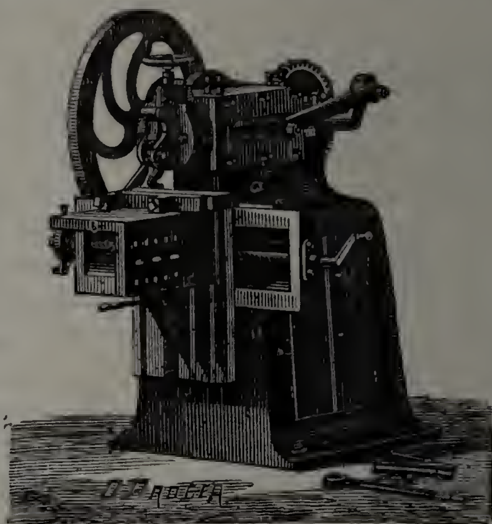
(1) Voir plus loin la description de ces paliers.

dont la description précède, et dont la figure 5 donne l'idée, quoiqu'elle représente un outil de ce genre, exécuté d'après les mêmes principes, mais de moindre puissance. C'est l'un des outils courants que livre tous les jours M. Bouhey à l'industrie.


Fig. 10. — Machine à percer à colonne.

A côté de la grande machine radiale, il nous a été donné d'examiner : une forte machine à percer, à colonne, avec engrenages triples, plateau circulaire pour l'alésage et plateau à équerre (poids 3,550 kilog.) ; une autre machine à percer à colonne ordinaire, avec commande pour engrenage simple, et dans laquelle un mordage pivote et s'incline dans tous les sens, perfectionnement notable (poids 730 kilog.); une troisième machine, à deux forets, spéciale pour le travail des rails, et dont les mouvements sont nouveaux et étudiés au point de vue de la rapidité et de la facilité du travail (poids 2,975 kilog.). On remarque surtout, dans cet outil, l'application d'un mouvement automatique rapide obtenu au moyen d'un levier agissant sur deux cônes de friction qui commandent la vis du chariot porte-foret, afin d'éviter la perte de temps indispensable autrefois pour remonter les forets après le perçage et les faire descendre ensuite jusqu'au niveau de la pièce à évider. Enfin, d'autres machines à percer, de construction irréprochable et de formes parfaitement comprises ont été l'objet de l'approbation des connaisseurs (fig. 10).

Une machine à raboter, à retour rapide, de 2 mètres de course, $0^{m},900$ de largeur, $0^{m},800$ de hauteur (poids 5,100 kilog.), est aussi très-bien conçue et exécutée dans les meilleures conditions. Deux raboteuses transversales, dites limeuses, l'une de $0^{m},240$, l'autre de $0^{m},470$ de course, à retour rapide, résument les améliorations considérables que le constructeur a apportées dans ces outils depuis vingt-huit ans, époque où il a construit sa première limeuse. Autrefois, le porte-outil de ces machines était conduit par un excentrique agissant dans une coulisse verticale ou par une bielle placée à l'arrière et toujours trop courte ; ici la bielle est fixée au porte outil et sur sa face latérale, vers le milieu de sa longueur, disposition qui a ce grand avantage de permettre de donner à la bielle une longueur suffisante tout en diminuant la longueur de la machine. Indiquons de plus une amélioration nouvelle consistant dans la disposition du mouvement automatique de la tête du porte-outi qui lui permet de s'incliner, et de donner l'avancement en tous sens à l'outil enfin la combinaison de vis sans fin de la table, pour le mouvement transversal et les crémaillères pour la montée et la descente (fig. 11).


Fig. 11. — Limeuse de $0^{m},24$ de courbe.

De toutes les machines à fraiser que nous avons examinées jusqu'à présent, celle du même exposant, qui est à chariot porte-fraise vertical, est certainement la plus remarquable au triple point de vue de l'exécution, des proportions et des mouvements automatiques. Son poids est de 3,400 kilog. Elle peut servir entre autres applications, pour fraiser le dessus des boîtes à graisse des wagons. A cet effet son plateau circulaire est armé d'un mordage de forme spéciale. La machine à fraiser fig. 12 est aussi une machine de ce genre fabriquée par le même exposant.

Le marteau-pilon (fig. 13) à courroie et à ressort, du système *Shaw de Justice*, est d'invention américaine ; son apparition eut lieu en 1867, mais il laissait alors beaucoup à désirer. M. Bouhey devint acquéreur du brevet en France, et le perfectionna bien vite, ce qui en vulgarisa l'emploi dans les grandes et petites usines. Les marteaux à excentriques et à ressorts métalliques sont, de tous les marteaux marchant par courroies, ceux qui donnent les meilleurs résultats. Leur simplicité, la facilité de changer à volonté la vitesse et la force du coup, leur grand effet utile ; par suite le peu de force nécessaire pour les faire fonctionner, leur entretien facile et peu coûteux, justifient la préférence qui leur est accordée sur les autres systèmes connus et dont ils n'ont pas les inconvénients. Ils sont très-employés pour tous les travaux de forge. C'est par centaines qu'on les trouve dans les arsenaux, les ateliers de construction des chemins de fer et dans diverses industries telles que : serrurerie, chaudronnerie, boulonnerie, taillanderie, coutellerie, fabrique de limes, etc., etc. Certains de ces marteaux sont disposés sur un bâti dont l'un des côtés forme applique pour être fixé à la muraille, le poids de la masse de ceux-ci est de 8 kilog. Dans les types isolés, les perfectionnements apportés par le constructeur sont les suivants : dans la forme du bâti reportant la chabotte en avant et permettant trois faces libres sur l'enclume ; dans la disposition de la bielle qui est en trois parties, permettant de varier facilement la longueur ; dans le guidage du marteau ; dans la construction du ressort de métal et son mode d'attache à la masse ou mouton.

Aucun constructeur, dans la section française, ne présentait un plus grand nombre de types de cisailles, de poinçonneuses et de découpoirs que M. Bouhey (fig. 14). Entre autres spécimens exposés, nous avons remarqué une cisaille-poinçonneuse à double face (fig. 15) du poids de 4,400 kilog., pouvant poinçonner un trou de 0,022 dans une épaisseur de 0,015 ; une poinçonneuse horizontale à levier, du poids de 3,800 kilog. pouvant poinçonner $0^m,025$ dans une épaisseur de 0,016 ; elle attirait l'attention générale, parce qu'elle présente un type nouveau qui sera d'une très-grande utilité dans un grand nombre de cas. Dans cette machine, le levier horizontal est mû par une came. Par sa forme et sa disposition, le bâti reçoit tous les organes composant l'outil et nécessaires à sa marche ; il renferme de plus, en arrière, le mouvement de commande du porte-outil ; le porte-matrice s'adapte sur un support en fer fixé en avant du bâti, pour permettre de changer ou de modifier ces pièces suivant les formes et les courbes des fers qui doivent subir l'opération du poinçonnage.

Citons encore une cisaille circulaire dont les lames ont un diamètre de $0^m,25$, pouvant couper des tôles de 5 millimètres d'épaisseur, avec appareil pour découper suivant un tracé rond, et du poids de 2,150 kilog. Le guide de cette machine pivote avec vis de butée, afin de bien régler l'entrée de la tôle entre les lames. En outre, une douille excentrée mue par une vis sans fin est disposée pour permettre de baisser ou d'élever la lame supérieure suivant les épaisseurs du métal à cisailler. A côté de l'outil précédent, était un découpoir à excentrique avec disposition spéciale pour cisailler la cornière de $0^m,120$ et le fer en barres jusqu'aux dimensions de $0^m,120$ de large sur $0^m,035$ d'épaisseur,

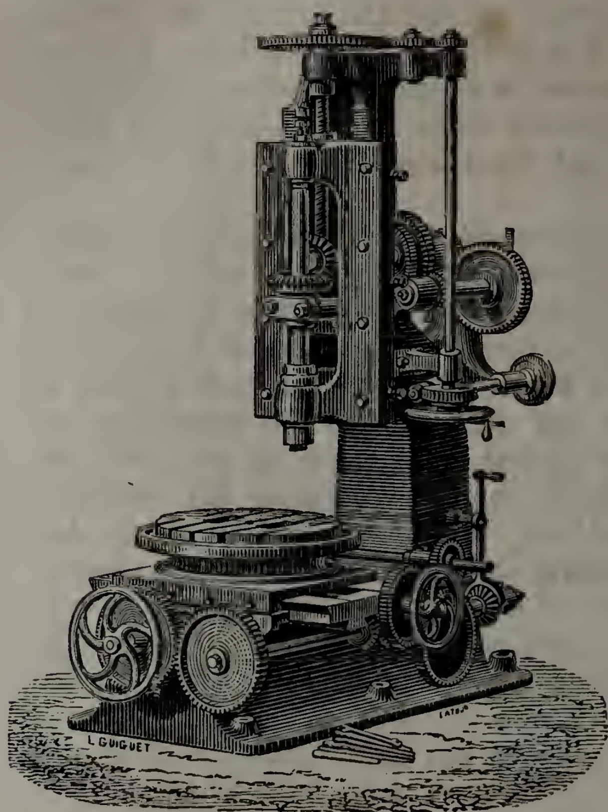


Fig. 12. — Machine à fraiser.



Fig. 13. — Marteau à ressort.

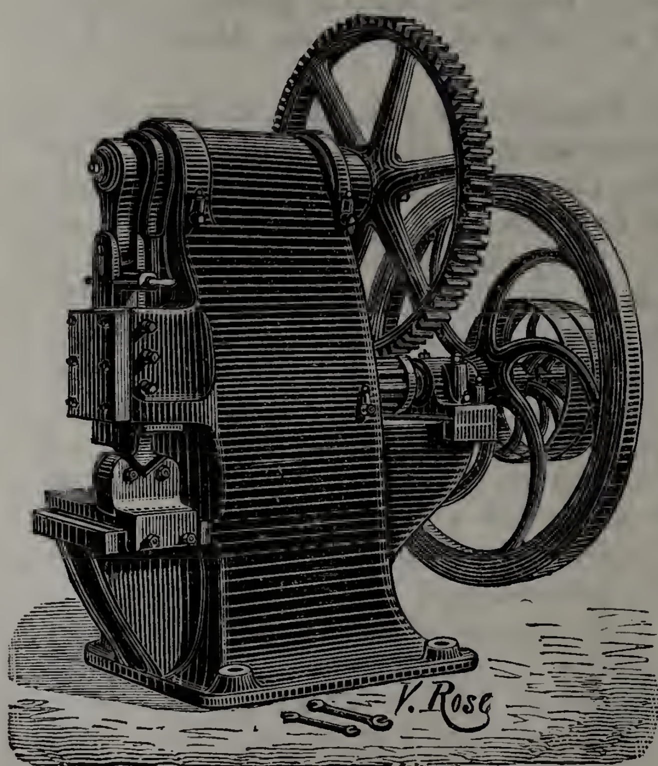


Fig. 14. — Découpoir à excentrique.

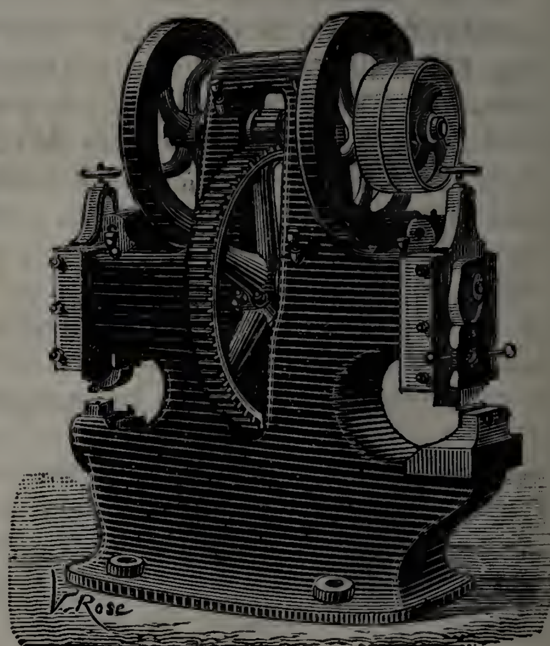


Fig. 15. — Poinçon à double face de M. Bouhey.

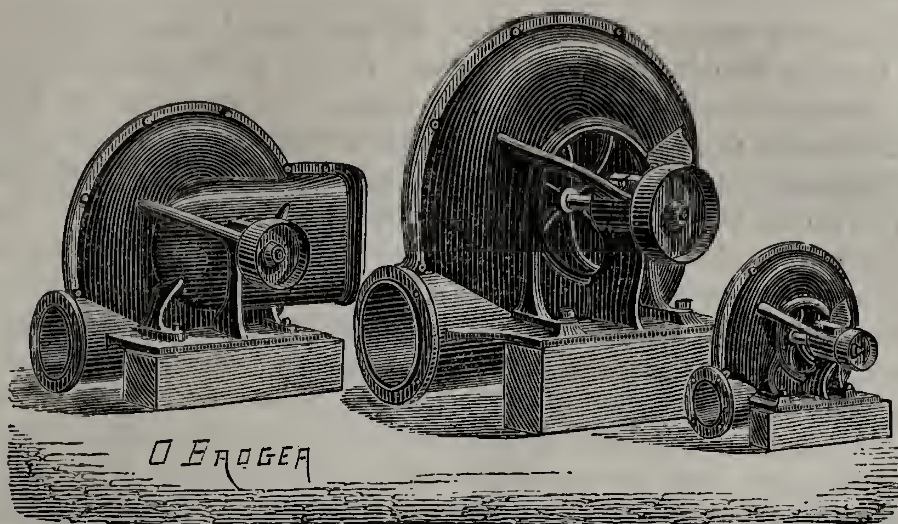
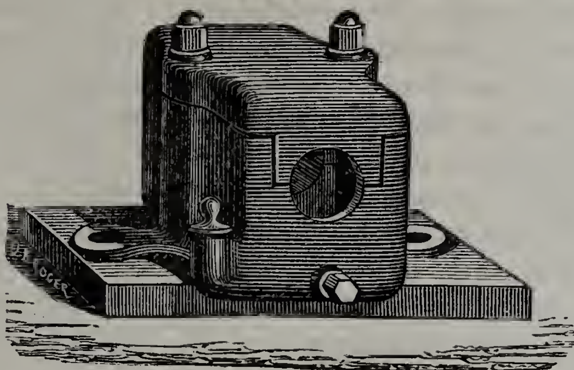


Fig. 16 et 17. — Ventilateurs sans bruit de M. Bouhey.



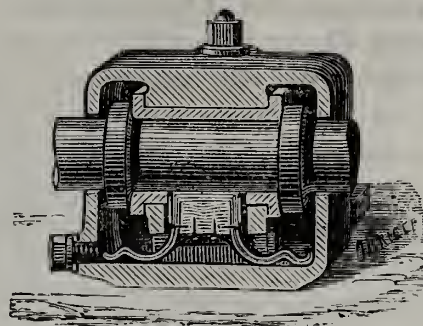


Fig. 18 et 19. — Paliers-graisseurs automatiques.

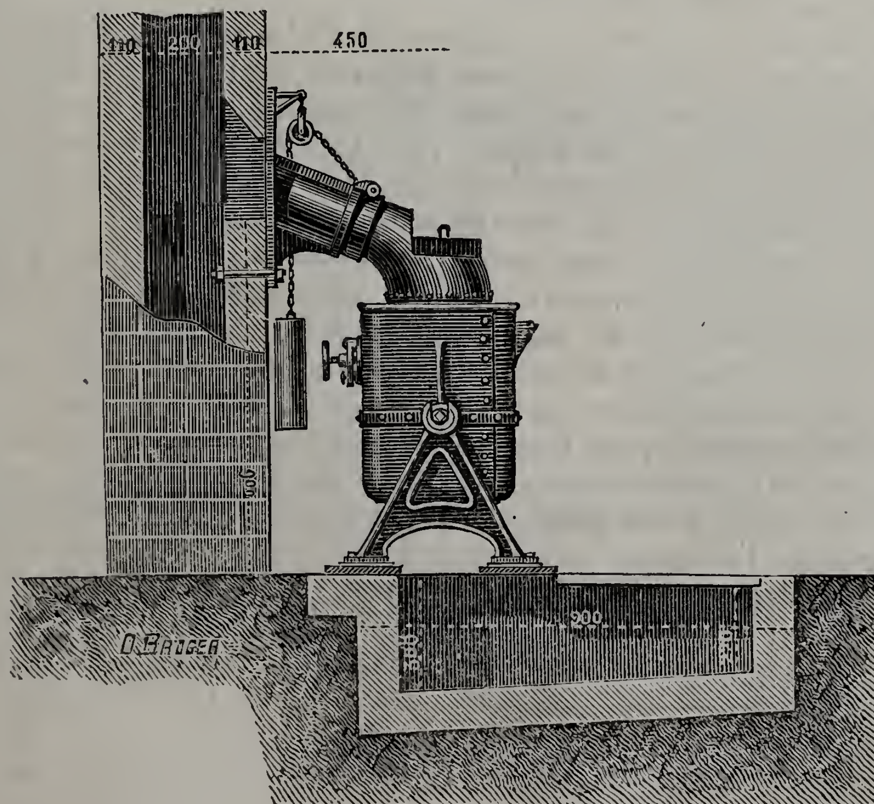


Fig. 20. — Four de 30 à 60 kilogs à air libre de M. Piat.

ce qui constitue des coupes formidables. On peut aussi, avec cet outil, poinçonner un trou de $0^m,040$ de diamètre dans du fer de $0^m,030$ d'épaisseur. Le poids de ce découpoir est de 11,200 kilog. Toutes ces machines se distinguen par leurs excellentes proportions et leur grande solidité.

Le même exposant nous a montré deux ventilateurs marchant sans bruit (fig.16 et 17), l'un de $0^m,500$, l'autre de $0^m,800$ de diamètre intérieur, avec enveloppe d'aspiration, et deux paliers-graisseurs (fig. 18 et 19) d'un système que nous ne saurions trop recommander. Leur construction est basée sur le principe de la capillarité des mèches. Le réservoir inférieur renferme une mèche laquelle est pressée par un ressort sur la partie frottante pour en assurer le contact et accélérer l'aspiration de l'huile, qui se fait alors régulièrement tant qu'il en reste dans le réservoir. La fabrication des pièces est parfaite. Les paliers qui étaient exposés sont disposés pour des arbres de $0^m,040$ et $0^m,110$ de diamètre; ce dernier modèle a été adopté par la Compagnie du chemin de fer de Lyon, pour les transmissions principales de ses grands ateliers.

Parmi les exposants dont l'industrie rend le plus de services à l'art de la mécanique, nous avons à citer M. Piat, qui fabrique spécialement les organes de transmission. Les produits de sa maison figuraient dans les classes 50 à 62 groupe VI sur 450 machines environ, et ses ateliers occupent annuellement une moyenne de 330 ouvriers; ces faits donnent une idée de l'importance acquise par cet industriel dont nous avons vu les débuts modestes. Parmi les objets qu'il a exposés, nous avons remarqué : un jeu de roues d'angle à dents échelonnées engrenant ensemble, remplaçant les roues similaires à dents de bois; une série de roues à chevrons au pas de $0^m,040$, qui nous ont semblé posséder les avantages des roues à dents hélicoïdales sans en avoir les inconvénients qui sont une poussée latérale d'autant plus grande que l'inclinaison de la dent est plus forte; une série de paliers graisseurs à mèches métalliques, agissant à la fois par capillarité et par entraînement, et n'ayant pas l'inconvénient de se métalliser comme la mèche de coton, etc., etc.

En dehors de ces divers organes spéciaux, M. Piat exposait une grosse machine à fendre, du poids de 7,000 kilog., pour tailler les roues à dents droites et hélicoïdales; elle fait partie de l'outillage de la maison. Sa construction présente quelques côtés nouveaux parmi lesquels nous signalerons : les deux roues à vis tangentes accouplées, l'une servant à la division, l'autre servant au développement de l'hélice, dans le cas du taillage des roues hélicoïdales, le réglage de la fraise à opérer dans tous les sens; enfin la disposition de la pièce à tailler qui, pouvant être mise en pointe, ne fatigue plus la poupée par son poids. Auprès de cet outil important, est un tour parallèle à fraises multiples du système Havequez, pouvant charioter six arbres à la fois ou façonner quatre manchons à frettes coniques; son poids est de 8,000 kilogr. Enfin une meule montée sur support à chariot spécial, pour tourner les poulies droites ou bombées, la face de la meule restant toujours, dans le dernier cas, perpendiculaire au rayon de bombage de la poulie, et une petite machine à fendre à plateau et à vis tangente, modèle courant de la maison, sont encore à citer comme des outils d'une exécution parfaite, et dont la composition et la forme ne laissent absolument rien à désirer.

Avant tout, l'exposant est un fondeur. Aussi est-il tout à fait naturel de le voir livrer à l'examen du public un nouveau système de fours portatifs oscillants pour la fonte du bronze, du nickel, de la fonte malléable, de l'acier et autres matières. Cet appareil ingénieux est représenté figure 20. On sait que les fours ordinaires actuels sont fixes; ils sont construits ordinairement en briques; les creusets placés à l'intérieur doivent donc être retirés du four chaque fois que la matière est arrivée à son point convenable de fusion. Un ouvrier les saisit

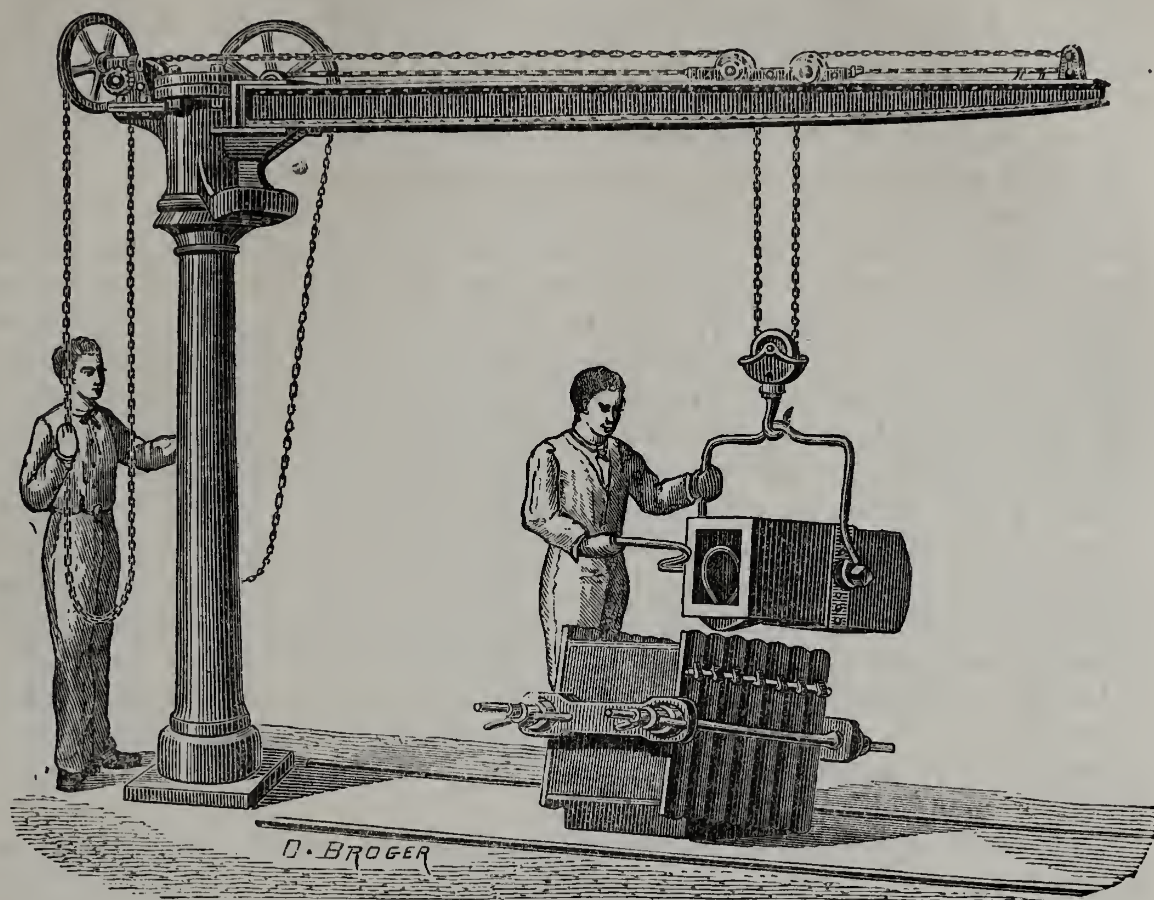


Fig. 21. — Four portatif de M. Piat.

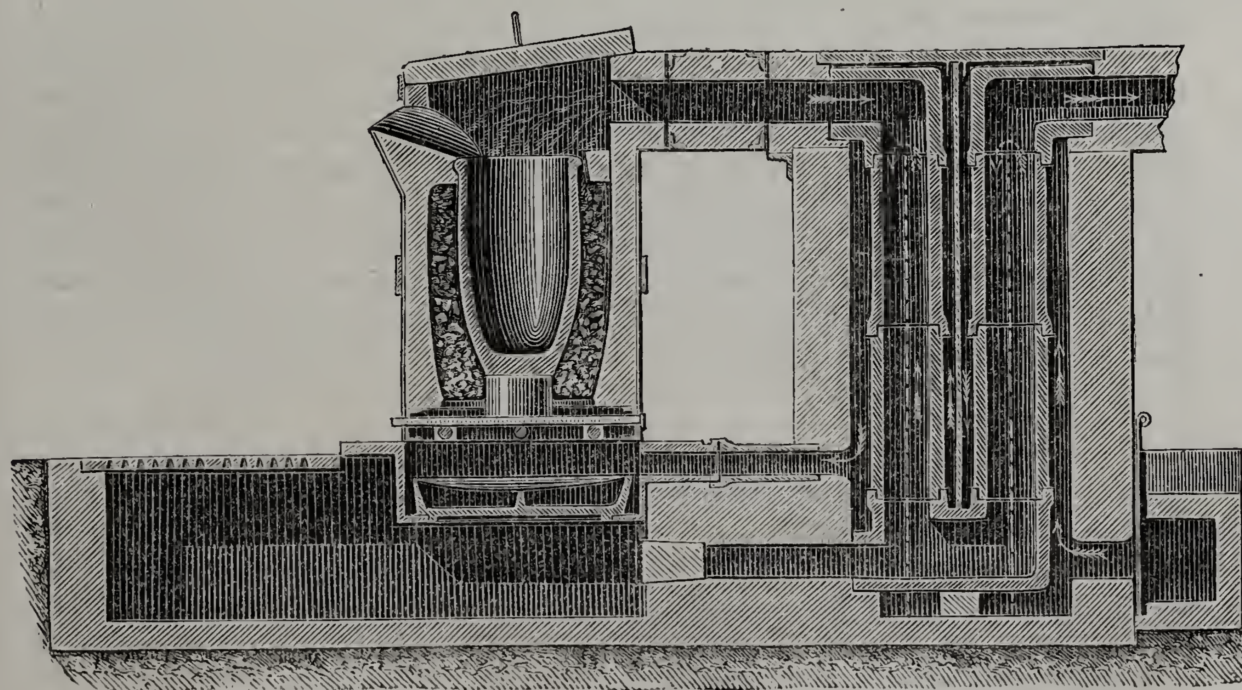


Fig. 22. — Mode de chauffage du four portatif Piat.

alors à l'aide de tenailles et coule la matière, soit directement dans le moule si les pièces sont légères, soit dans une poche lorsque les pièces à couler sont lourdes et exigent la réunion du contenu de plusieurs creusets (les creusets ordinaires sont de 30 à 45 kilogr.). L'opération de la coulée terminée, le four est décrassé, le creuset est remis en place et l'on réchauffe. Les inconvénients de cette manière de procéder sautent aux yeux, et les nouveaux fours mobiles, soit qu'ils marchent à air libre ou à air surchauffé, ont pour but d'y remédier. Ils permettent en effet d'amener le four lui-même, absolument comme une poche de fonderie de fer, près des moules et de les couler directement, sans avoir besoin de sortir du creuset. On sait que cette dernière opération nécessite l'emploi d'ouvriers très-forts, et que le métier est des plus pénibles. Les creusets peuvent être en terre réfractaire quelle que soit leur grosseur puisque l'on n'a plus rien à craindre pour leur solidité. Il n'y a plus de refroidissement du creuset. Le feu n'a pas besoin d'être refait chaque fois et le décrassage se fait très-commodément. Enfin, l'air introduit est chauffé préalablement à une température très-élevée. De telle sorte qu'il résulte de l'emploi de ces fours : une économie de main-d'œuvre, la coulée se faisant plus rapidement avec plus de commodité et moins de dangers, et une économ ie de creusets, car la terreréfractaire peut remplacer la plombagine, enfin une économie de combustible. Les coulées étant plus rapides, il se produit aussi moins de déchets.

La fig. 21 représente un four portatif de ce système pouvant couler 60 kilog. et au-dessus. Cet appareil est muni de sa grue de manœuvre. Dans ce dessin, on voit le four incliné *a* déversant la matière en fusion dans les moules *b*. La grue *c* a amené le four au point voulu.

La fig. 22 représente un autre four en place vu en coupe, avec son système de chauffage.

Parmi les nombreux outils exposés par l'École Nationale des Arts-et-Métiers d'Angers, nous avons remarqué une machine à affûter les lames de scies à ruban. Elle est due à M. Delerm, chef d'atelier du modelage de cette École, qui l'a très-ingénieusement étudiée et combinée.

Nous arrêtons ici notre étude. Nous aurions pu nous étendre davantage, mais en général, les expositions particulières que nous laissons de côté, ne présentent pas suffisamment d'attrait pour qu'il soit nécessaire de les décrire. Elles se composent cependant de séries de machines dont l'exécution est d'une bonne moyenne; mais les perfectionnements sont peu nombreux ou d'importance secondaire. Disons en terminant que l'impression générale est celle-ci : La France gagne de jour en jour du terrain ; ses constructeurs de machines-outils qui ont été longtemps en arrière, sont bien près d'arriver les premiers au but. Encore un effort et ils dépasseront de beaucoup leurs adversaires.

HUSSON.

PETITES MACHINES

OUTILS ET INSTRUMENTS EMPLOYÉS DANS DIVERS TRAVAUX

PAR G. BARDIN, INGÉNIEUR CIVIL

Les diverses machines et instruments indiqués sous ce titre, et qui étaient exposés dans la classe 61, sont pour la plupart usités dans la fabrication de l'article de Paris dont ils constituent le menu outillage. Beaucoup de ces outils sont intéressants et ingénieux, et, pour en rendre la description plus claire, nous avons divisé notre travail en six chapitres :

I. Outils de précision. — II. Machines à fabriquer les boutons et les oeillets. — III. Machines à fabriquer les épingles, pointes et clous. — IV. Machines pour la reliure et la papeterie. — V. Balanciers et presses pour divers usages. — VI. Machines de cave.

I. — Instruments de précision.

Tour à guillocher de M. Duguet — Parmi les exposants qui offraient de beaux spécimens d'outils de précision accompagnés de pièces fabriquées avec ces outillages, nous devons mettre en première ligne M. Duguet, qui exposait un tour à guillocher très-soigné dans sa construction.

Tour à reproduire de M. Blondelet. — Ce fabricant a exposé un tour à reproduire les médailles avec agrandissement ou réduction du modèle donné. Cet instrument consiste en un pantographe dont la pointe mousse suit toutes les ondulations du modèle qui tourne au-dessous d'elle, et les transmet, avec des amplitudes variables à volonté, au burin qui grave le flan métallique doué du même mouvement de rotation que le modèle. Un petit mouvement d'encliquetage déplace le pantographe après chaque tour du modèle et de la médaille à reproduire. Cette machine est surtout précieuse pour opérer la réduction de grandes médailles, ou de bas reliefs aussi variés que peuvent en être les dessins.

Tours de précision et à décolleter. — Les tours de précision se trouvaient aux expositions de MM. Strube, Legras et Courchaussé. Ce dernier constructeur a apporté aux tours à décolleter quelques petits perfectionnements qui, quoique fort simples, ne sont pas sans intérêt. Il arrive presque toujours que dans le tournage des vis, des boutons molettés, etc., au tour à décolleter, il y ait plusieurs diamètres différents que l'on doit retrouver pour chaque pièce. Ainsi, dans une simple vis, il y a deux diamètres : celui de la tête et celui du corps, ce qui oblige de mesurer au calibre la pièce que l'on fait pour s'assurer si elle a bien le même diamètre que celle que l'on vient de faire. Pour éviter cette perte de temps, M. Courchaussé dispose sur le support du chariot une petite pièce à coulisse munie d'un bouton et contre laquelle viennent battre deux vis

de butée fixées au chariot mobile qui porte l'outil; lorsque cette coulisse est tirée, l'une des deux vis vient buter contre le support fixe et permet à l'outil d'avancer jusqu'à une distance que l'on règle au moyen de cette vis. Si la coulisse est à demi poussée, l'autre vis la rencontre et arrête l'outil sur un second diamètre de la pièce à décolleter; si enfin cette coulisse est entièrement poussée, c'est la première vis qui la rencontrera et donnera un troisième diamètre de la pièce tournée. Les deux vis se règlent ainsi une fois pour toutes et la pièce à coulisse seule peut donner trois diamètres que l'on retrouve invariablement et instantanément pour chaque pièce.

M. Courchaussé exposait également une belle collection d'alésoirs de toutes formes et de toutes dimensions, mais nous avons surtout remarqué la précision vraiment extraordinaire avec laquelle était construit son petit modèle de locomotive, réduction au dixième d'une machine à voyageurs de la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. Chaque pièce, bien qu'extrêmement délicate, pouvait fonctionner et remplir le but auquel elle était destinée.

L'exposition collective des fabricants d'outils d'horlogerie des Gras, département du Doubs, était extrêmement remarquable par le nombre, la variété et la perfection d'exécution des outils exposés, aussi regrettons-nous d'être obligés de nous borner à cette mention, sans pouvoir décrire d'une façon utile ces instruments spéciaux dont la plupart sont microscopiques.

Dynamomètre. — Enfin, comme complément des appareils de précision, nous dirons quelques mots du dynamomètre de MM. Poncelet et Morin modifié par A. Clair, dont nous donnons le dessin fig. 1. Cet appareil, comme son nom l'indique, sert à mesurer les forces et, de plus, à inscrire le résultat des efforts qui ont agi sur lui pendant des temps plus ou moins longs et avec des intensités variables. Un tel appareil doit être construit avec une grande perfection, aussi a-t-il été confié aux soins de M. Courchaussé.

La gravure ci-contre représente le dynamomètre monté sur un véhicule pour inscrire l'effort de traction des chevaux dans les diverses circonstances : sur palier, sur rampes, sur le pavé, l'asphalte, l'empierrement, etc... A est le châssis d'une voiture pour expériences réduite à sa plus simple expression et munie seulement d'un coffret B contenant des outils et de quatre montants verticaux *b* portant les roues. Le dynamomètre est installé sur ce châssis et lui est relié par un fort tourillon C, autour duquel il peut tourner pour prendre une direction toujours normale à celle de l'effort de traction ; l'attelage agit sur l'anneau D, ce qui détermine la flexion des lames d'acier *d* disposées en deux groupes de trois et reliées à leurs extrémités par de petites bielles de traction qui les obligent à fléchir toutes ensemble. Dès que l'effort agit sur l'anneau D, il en résulte un déplacement de cet anneau qui entraine avec lui la pièce *e* munie d'un style ou d'un crayon *f* marquant sur une bande de papier, douée d'un avancement uniforme, une ligne sinueuse dont les inégalités correspondent aux différents efforts. Une autre pièce *g* est fixe, elle porte deux styles *h i*, l'un *h* n'a aucun mouvement et trace, sur la bande qui se déroule, une ligne droite à laquelle on se rapporte pour mesurer les ondulations de la courbe de traction, car cette ligne droite correspond à la position du style *f* lorsque l'appareil est au repos. Enfin le troisième style *i* est sans cesse relevé par un ressort et ne trace sur la bande que lorsqu'on le presse avec le doigt pour marquer de petits traits ou une série de points qui, en servant ainsi de repère, permettront de retrouver, après l'expérience, quels ont été les efforts à un moment déterminé. La bande de papier, avons-nous dit, doit avoir un mouvement uniforme. Pour cela, elle est prise sur deux bobines, l'une libre qui se déroule pendant que l'autre *k*, reliée à un mouvement d'horlogerie *m*, enroule le papier. Mais le

papier, en s'enroulant, augmenterait à chaque tour le diamètre du cylindre et prendrait ainsi un mouvement accéléré si une ingénieuse disposition ne venait compenser ce changement de vitesse : le rouage d'horlogerie qui possède un mouvement uniforme n'agit pas directement sur la bobine peloteuse, mais sur un cylindre *n* autour duquel s'enroule une petite chaîne très-souple placée à l'avance sur le cône *o* monté sur l'axe du cylindre enrouleur *k*. A mesure que

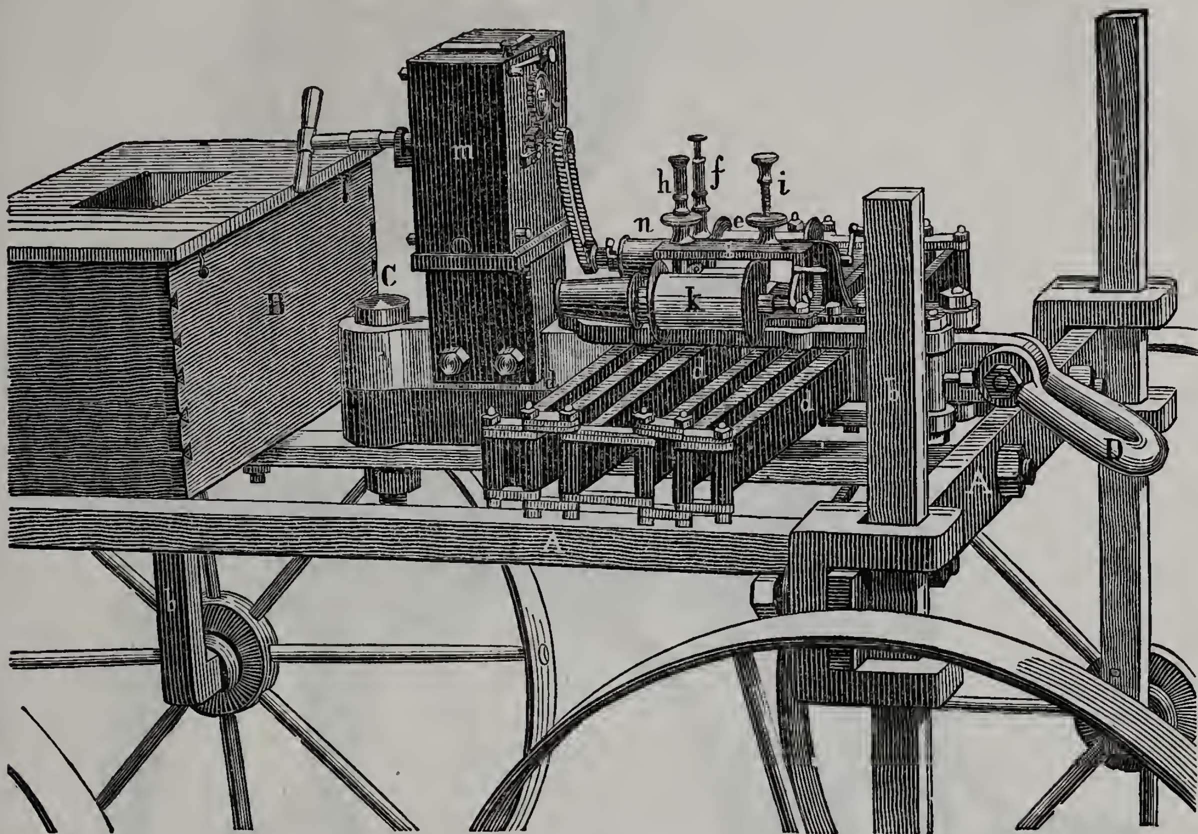


Fig. 1. — Dynamomètre de MM. Poncelet et Morin.

le papier s'enroule sur ce cylindre *k*, la chaîne se déroule du cône *o* et, agissant ainsi sur des diamètres de plus en plus grands, diminue la vitesse angulaire du cylindre *k* d'une quantité qui correspond à l'augmentation de diamètre résultant des couches de papier superposées (1).

Balance monétaire du baron Séguier. — Cette balance, inventée par le baron Séguier en 1849, sert à peser automatiquement et à trier les pièces de monnaie en trois catégories, celle des pièces justes, celle des pièces fortes et celle des pièces faibles. Cet appareil, construit par M. Deleuil, se compose d'une balance de précision ordinaire sur laquelle les pièces se placent au moyen d'une petite palette qui les pousse sur le plateau et d'où elles sont chassées, après la pesée, au moyen de la nouvelle pièce et classées par la balance elle-même.

Les pièces se placent dans une trémie A, fig. 2, et une roue à griffes B commandée par un pignon C et la manivelle D ne les laissent passer qu'une à une dans les rigoles inclinées E en bas desquelles se trouve le plateau de la balance. La figure d'ensemble représente une série de cinq balances, mais chacune fonctionne isolément et ce que nous allons dire pour une s'applique à toutes.

Nous donnons fig. 3 une vue détaillée de la balance et de son mécanisme.

(1) Voir vol. VII. page 204 les dynamomètres de divers modèles.

La chape F porte le fléau G qui supporte le plateau H et une tare I égale au poids d'une pièce juste. Le levier J fait avancer la main K qui pousse



Fig. 2. — Balance monétaire du baron Séguier.

la pièce sur le plateau H, la chape F est alors soulevée par un mouvement partant de la manivelle D et la pesée se fait. Supposons la pièce juste, l'aiguille L de la balance restera verticale et, la chape étant soulevée une seconde fois très-rapidement, cette aiguille passera entre deux petites palettes M, N sans les

toucher, puis, s'abaissant, la pièce pesée sera poussée par une nouvelle pièce et tombera dans l'entonnoir O et de là dans la rigole P des pièces justes. Mais si la pièce est trop lourde, l'aiguille L, s'inclinant à droite, soulèvera la palette N et la tige Q qui lui est fixée, lorsque la balance opérera son ascension. L'extrémité de cette tige Q qui, au repos, dépasse un peu la table, étant soulevée, la pièce à coulisse R, poussée dans le sens de la flèche par un contre poids, ne la rencontrera pas et ne s'arrêtera que sur la tige S de l'autre palette M; dans cette position, l'entonnoir mobile O se trouve placé au-dessus de la rigole T des pièces lourdes. Si, au contraire, la pièce est trop légère, l'aiguille

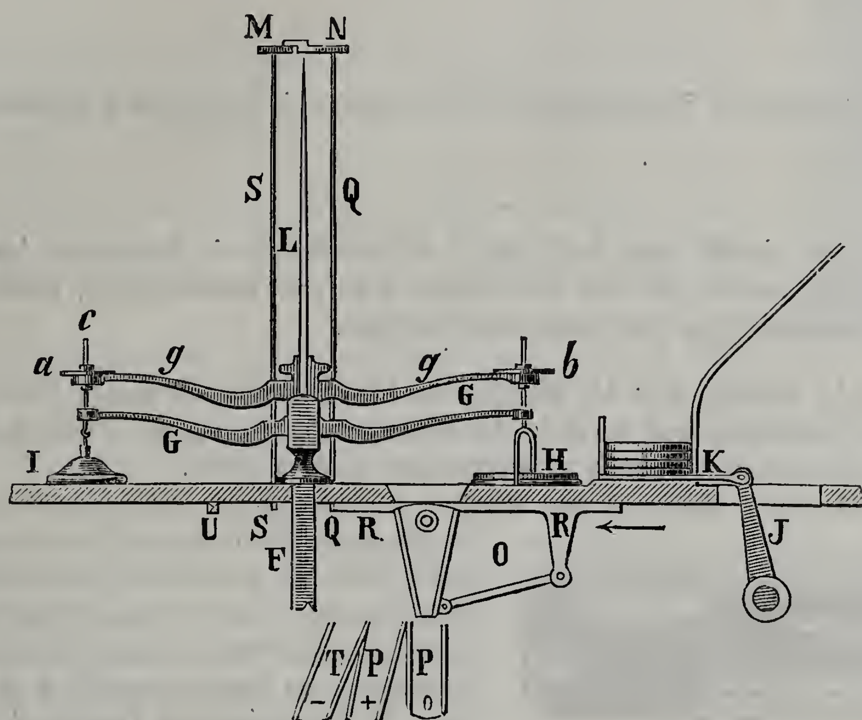


Fig. 3. — Vue détaillée de la balance et de son mécanisme.

L soulèvera à la fois la palette M et la palette N qui repose dessus, et la pièce mobile R ne rencontrant ni la tige Q ni la tige S ne s'arrêtera que sur le taquet fixe U, l'entonnoir O sera alors placé au-dessus de la rigole V des pièces faibles. Une came ramène la pièce R à sa première position après chaque pesée. Mais, une telle balance ne serait pas suffisante, car bien qu'une pièce soit trop lourde ou trop légère, elle n'en est pas moins bonne, si la différence de poids ne dépasse pas ce qu'on appelle la tolérance.

Afin de retenir comme bonnes toutes les pièces dont l'erreur du poids est inférieure, à la tolérance, on leur retire ou on leur prête momentanément ce qu'il leur faut pour être bonnes. Pour obtenir ce résultat deux bras fixes *g* font corps avec la chape F et s'élèvent avec la balance; ces bras supportent deux petites rondelles d'aluminium *ab* chacune égale en poids à la tolérance, soit 0 gr. 013 pour une pièce de vingt francs par exemple. Si la pièce est un peu trop lourde, mais bonne cependant, la balance s'inclinant, la tare I se soulève ainsi que la petite tige *c* dont la portée s'arrête aussitôt sur la rondelle de tolérance *a*; celle-ci ajoute son poids à la tare I pour former de ce côté de la balance le poids de la pièce la plus lourde possible, puis comme la pièce pesée n'atteint pas ce poids, la balance s'élève avec son aiguille placée verticalement. Si, au contraire, la pièce était plus lourde que la tolérance, la rondelle *a* serait soulevée avec la tare, et la balance restant inclinée éliminerait la pièce.

La même opération a lieu pour les pièces faibles, mais alors la tare l'empor-

tant s'arrête sous la surcharge de la rondelle de tolérance *b*, si la pièce est bonne, ou soulève la pièce augmentée de la rondelle si la pièce est trop faible, et le mécanisme la conduit dans la rigole V.

Cette balance figura pour la première fois à l'Exposition universelle de 1855 et, bien que fonctionnant convenablement, ce n'est qu'en 1874 après les perfectionnements et la délicatesse de construction apportés par M. Deleuil que cet appareil a remplacé à la Monnaie de Paris diverses balances étrangères et qu'elle put peser 50,000 pièces par jour, avec une erreur variant de 1 à 2 milligrammes seulement.

II. — Machines à fabriquer les boutons, à placer les œillets, etc.

L'Exposition n'était pas fort riche en machines à fabriquer les boutons; quoique quelques-uns de ces instruments soient intéressants, cette industrie n'était représentée que par deux installations.

Débit de la nacre, par M. Marie. — Les boutons de nacre pour garniture de chemises se fabriquent à l'aide de deux machines, l'une servant à débiter ou à préparer la matière, l'autre à la façonner et à la polir.

La première machine est une espèce de tour dont l'arbre creux peut coulisser entre les deux supports de la poupée fixe, tout en tournant sur lui-même; cet arbre porte une fraise annulaire B fig. 4, formée d'un tube d'acier taillé sur sa face extrême; un levier conduit à la main permet de faire coulisser l'arbre et la fraise et d'appuyer celle-ci sur la coquille de nacre qu'on lui présente.

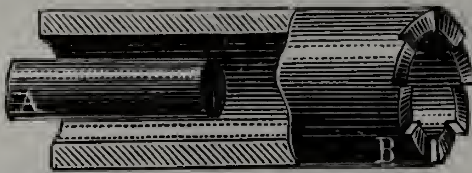


Fig. 4. — Fraise annulaire.

La contre-pointe est remplacée par une tige fixe contre laquelle on appuie la nacre. La fraise annulaire, en tournant, s'avance et découpe un petit cylindre d'un diamètre égal au patin du bouton et d'une hauteur égale à l'épaisseur de la nacre (10 à 12 millimètres); ce cylindre reste logé dans l'intérieur de la fraise et, pour le chasser, on pousse une tringle A qui traverse l'arbre creux au centre et rejette le bouton devant la poupée fixe du tour.

Ce cylindre de nacre est ensuite porté sur un autre tour, serré par sa base dans un mandrin en deux parties, et façonné au burin à la main comme tout objet tourné.

Tour à débiter les boutons et jetons en os, de M. Dupont. — Les jetons et les boutons en os se font en une seule opération très-rapidement à l'aide de cette machine. On prend des plaquettes d'os et des déchets tombant du débitage fait à la scie de pièces plus importantes et encore assez grands pour qu'ils puissent fournir un ou plusieurs boutons, mais d'épaisseur tout à fait quelconque; ces déchets sont mis dans l'eau afin de rendre l'os moins cassant et plus facile à travailler, puis façonnés sur cette machine.

Le morceau d'os à travailler est appliqué verticalement sur un support en forme d'anneau et y est maintenu par une griffe qu'un fort ressort presse contre le premier support. Deux mèches tournant rapidement en face l'une de l'autre et dans le même axe, peuvent coulisser dans leurs coussinets et viennent, par la manœuvre d'un levier, travailler l'une après l'autre pour faire chacune la

moitié de l'épaisseur du jeton ou du bouton et l'une de ses faces, ce qui a lieu en donnant à ces mèches une forme convenable fig. 5, et en ménageant une petite partie tranchante *a a* à chaque extrémité de leur diamètre.

Cette machine tourne de la même manière les boutons de corne, de bois ou de toute autre matière. En variant la forme et les dimensions des mèches, on peut obtenir des profils de boutons très-variés, mais la difficulté de l'affûtage des mèches ne semble pas une question des moins épineuses.

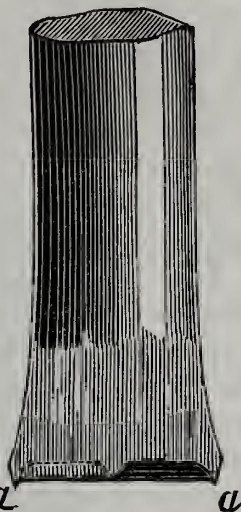


Fig. 5.
Mèche de M. Dupont.

Machine à poser les œillets métalliques, de M. Mariani. — Parmi les machines destinées à cet usage, nous avons surtout remarqué celle de M. Mariani qui est la seule présentant quelques points nouveaux.

Elle est tout à fait automatique, par la simple rotation d'une manivelle ; le cuir, l'étoffe ou le carton se coupe, l'œillet se place et se sertit avec beaucoup de régularité et une grande vitesse; en dix heures de travail 15,000 peuvent être posés.

Les œillets se placent dans une boîte cylindrique tournant sur son axe, et deux brosses, l'une horizontale, l'autre verticale, obligent chaque œillet à se placer la tête en bas à l'entrée d'un conduit à crémaillère qui l'amène jusque sur le poinçon. Là, la matière est découpée (cuir, carton, etc.), et le dégagement du déchet s'opère par le haut de manière à ne pas gêner l'emboutissage de l'œillet qui a lieu sans perte de matière par un poinçon mû au moyen de petits leviers et de cames ou excentriques calés sur l'arbre de la manivelle.

Une heureuse disposition permet de poser plusieurs numéros d'œillets sans changer aucune des pièces principales de la machine, autres que le poinçon et la matrice.

Toutes les autres machines servant à faire les œillets et à les poser sont des plus primitives : ce sont de petits découpoirs ou balanciers qui n'ont reçu aucune modification réellement importante depuis fort longtemps ; ou bien encore de simples pinces dont les mâchoires portent, l'une un poinçon, l'autre une matrice et entre lesquelles on introduit l'étoffe ou le cuir préalablement découpé et muni de son œillet que l'on introduit à la main. MM. Daudé et Peltier construisent ce genre de machine.

III. — Machines à fabriquer les épingles, pointes et clous.

Machine à fabriquer les épingles, de M. Mays. — La machine à faire les épingles, qui était exposée par MM. Mays, Ardin, Pagès et Ploquin est une des plus curieuses. Elle occupe peu de place, fonctionne avec une grande rapidité et une parfaite régularité. Marchant à la vitesse de deux cents tours à la minute, elle produit automatiquement, sans le secours d'aucun ouvrier, une épingle brute, c'est-à-dire non blanchie, par chaque révolution.

Sur une bobine est enroulé un long fil de laiton qu'une petite pince mue par un excentrique fait avancer de la quantité nécessaire. Une autre pince beaucoup plus puissante le serre pendant qu'une matrice poussée par une came écrase le métal pour former la tête; la pince s'ouvrant, le laiton avance d'une quantité que l'on peut régler à volonté et une cisaille coupe l'épingle à la lon-

gueur qu'elle doit avoir. Chacune d'elles ainsi préparée tombe dans une rigole dont la partie la plus basse est occupée par une fente assez étroite pour que le corps seul de l'épingle puisse y passer; celle-ci vient donc s'y loger et y reste suspendue par la tête; la trépidation de la machine l'oblige à suivre l'inclinaison de cette rigole qui la conduit jusqu'à sa sortie de la machine, mais avant de tomber dans la boîte destinée à la recevoir terminée, elle se trouve engagée à la partie inférieure entre deux fraises tournant en sens contraire qui font la pointe et ne lui permettent de se dégager que lorsqu'elle est suffisamment effilée. L'épingle est alors façonnée, mais à l'état brut. Lorsqu'on possède ainsi quelques milliers d'épingles, on les plonge dans un précipité d'étain qui leur donne cet aspect argenté qu'on leur connaît. Quelques minutes suffisent à l'opération et les épingles une fois séchées sont prêtes à être livrées au commerce.

Une autre machine très-intéressante est celle qui sert à les compter et à les mettre en carte. Elle se compose d'un petit bâti vertical portant à la partie supérieure une boîte métallique que l'on emplit d'épingles. Le fond de cette boîte est incliné et formé d'une plaque de métal portant dans sa largeur quarante-huit fentes étroites, qui s'étendent jusqu'au bord et lui donnent à peu près l'aspect d'un peigne. En remuant avec une brosse les épingles dans la boîte, elles tombent la pointe en bas dans les fentes étroites et restent accrochées par la tête tout en glissant par la pente jusqu'au bord de la plaque où elles sont retenues par une barrette pressée par un ressort; il y a donc contre la barrette une épingle à chaque fente, c'est-à-dire quarante-huit. Une ouvrière introduit entre deux guides une bande de papier et fait jouer une pédale dont le mouvement actionne un double couteau qui forme deux plis en travers du papier, puis fait descendre une lame d'acier de la largeur de la plaque fendue et d'une épaisseur exactement égale au diamètre des têtes d'épingles. Cette lame, en descendant, écarte la barrette en forçant son ressort et presse verticalement sur les épingles alignées et dégagées, qu'elle oblige à pénétrer dans les deux plis de la bande de papier. Avec la pédale se relève la lame d'acier, la barrette reprend sa place et une nouvelle rangée d'épingles vient s'y aligner. A chaque oscillation de la pédale, quarante-huit épingles sont placées et comptées, par conséquent, chaque douzaine est séparée par un espace un peu plus grand que celui qui existe entre deux épingles.

Machine à faire les pointes, de M. Henry. — La machine à faire les clous ressemble beaucoup aux machines à faire les épingles, ses organes sont plus forts et la pointe du clou, au lieu d'être fraisée, comme l'épingle, est estampée.

Un arbre horizontal muni d'un volant et de poulies reçoit son mouvement d'un moteur quelconque. Cet arbre porte une série de cames et un petit plateau de manivelle dont le bouton à course variable met en mouvement une pince à ressort, qui fait avancer, de la quantité nécessaire pour chaque clou, le fil de fer, guidé par les galets; l'une des cames actionne une forte pince destinée à serrer le fil près du bout pendant que la came centrale laisse échapper un marteau horizontal qui, chassé vigoureusement par un puissant ressort, vient écraser le fil de fer pour former la tête du clou. Enfin, deux matrices ayant chacune l'empreinte d'un demi-cône, et conduites par deux leviers et deux cames, se rapprochent sur le fil de fer, estampent la pointe, ce qui en même temps détache le clou fini. Tous ces mouvements se succèdent avec une grande rapidité et la machine produit à peu près cent pointes à la minute dans les grosseurs moyennes. Une fois réglée, elle marche tout à fait automatiquement et sans la moindre surveillance.

Machine à rabattre les têtes de clous, de M. Gauriaud. — Nous repré-

sentons fig. 6 cette machine excessivement simple qui peut être employée dans les petits ateliers de forge et de maréchalerie, car elle fonctionne sans le secours d'aucun moteur.

Un billot en bois A porte à sa partie supérieure un tas carré, une tranche et une cloutière à l'aide desquels l'ouvrier façonne le clou, comme à l'ordinaire, avec le marteau à main; mais lorsqu'il s'agit de rabattre la tête, c'est-à-dire de l'estamper, le forgeron place le clou dans la cloutière *a* et presse sur une pédale B qui fait basculer un marteau C mobile. Celui-ci porte une matrice *d* faisant l'office de bouterolle et formant la tête du clou.

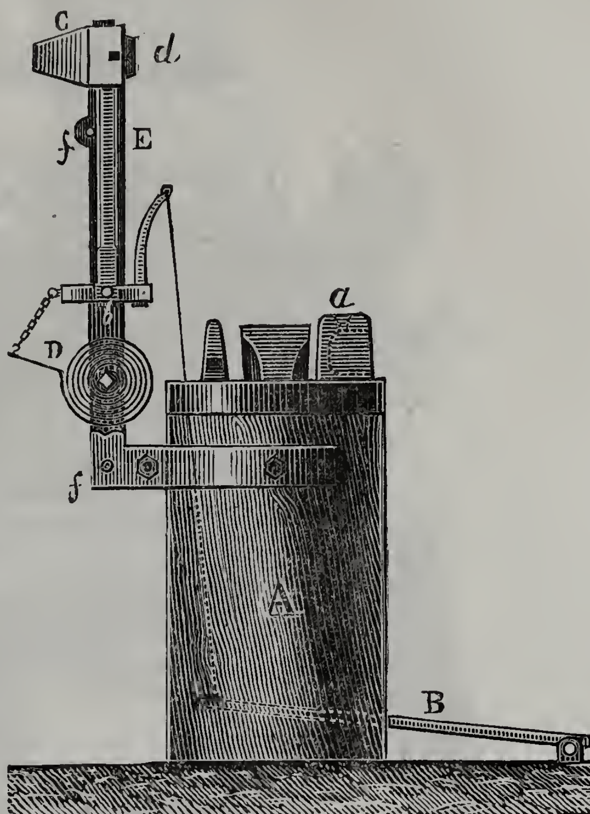


Fig. 6. — Machine à rabattre les têtes de clous, de M. Gauriaud.

A peine le marteau est-il tombé qu'un ressort D, aidé du contre-coup, le relève et le maintient dans la position verticale. Le ressort et le marteau sont montés entre deux bâtis E reliés par des entretoises *f* et présentant deux bras courbes qui embrassent le billot où ils sont fixés par un boulon de serrage et deux tire-fonds latéraux. Cette machine très-simple a plusieurs avantages, elle est d'un prix peu élevé, supprime un ouvrier frappeur et produit un travail bien fait; elle peut servir à la fabrication de toutes pièces bouterollées, telles que clous à cheval, rivets, boulons, etc.

IV. — Machines pour reliure et papeterie.

Machine à couper le papier, de M. Janiot. — Cette machine diffère essentiellement de celles exposées par les autres constructeurs, en ce que le porte-lame est sollicité à chacune de ses extrémités par deux bielles se rattachant à un balancier pour former parallélogramme.

Nous donnons fig. 7 la gravure d'une de ces machines, on voit en A le porte-lame coulissant obliquement par ses rainures inclinées *a a a* sur des galets fixés au bâti, et tirés par les deux bielles B B dont la longueur peut se régler au moyen des chapes à écrous *b*; le balancier C, qui reçoit en son milieu le bouton de manivelle de la grande roue, donne à cette machine l'avantage de répartir l'effort sur toute la longueur de la lame et lui permet de s'incliner légèrement afin d'attaquer le papier sur tous ses points à la fois.

Laminoir à papier. — M. Janiot a ajouté à ses laminoirs à glacer un perfectionnement que nous nous empressons de mentionner. Deux leviers sont disposés en face de l'ouvrier, l'un sert à changer le sens de rotation du laminoir, et l'autre à réengager le jeu de plaques entre les cylindres pour lui donner plusieurs pressions successives sans que l'ouvrier ait besoin de quitter sa place.

Le glaçage s'opère comme avec tous les autres systèmes de laminoirs, en plaçant la feuille de carte ou de papier à lustrer entre deux feuilles de zinc;

on fait ainsi un jeu d'une quinzaine de feuilles que l'on passe ensemble entre les cylindres en augmentant peu à peu de pression à chaque passe.

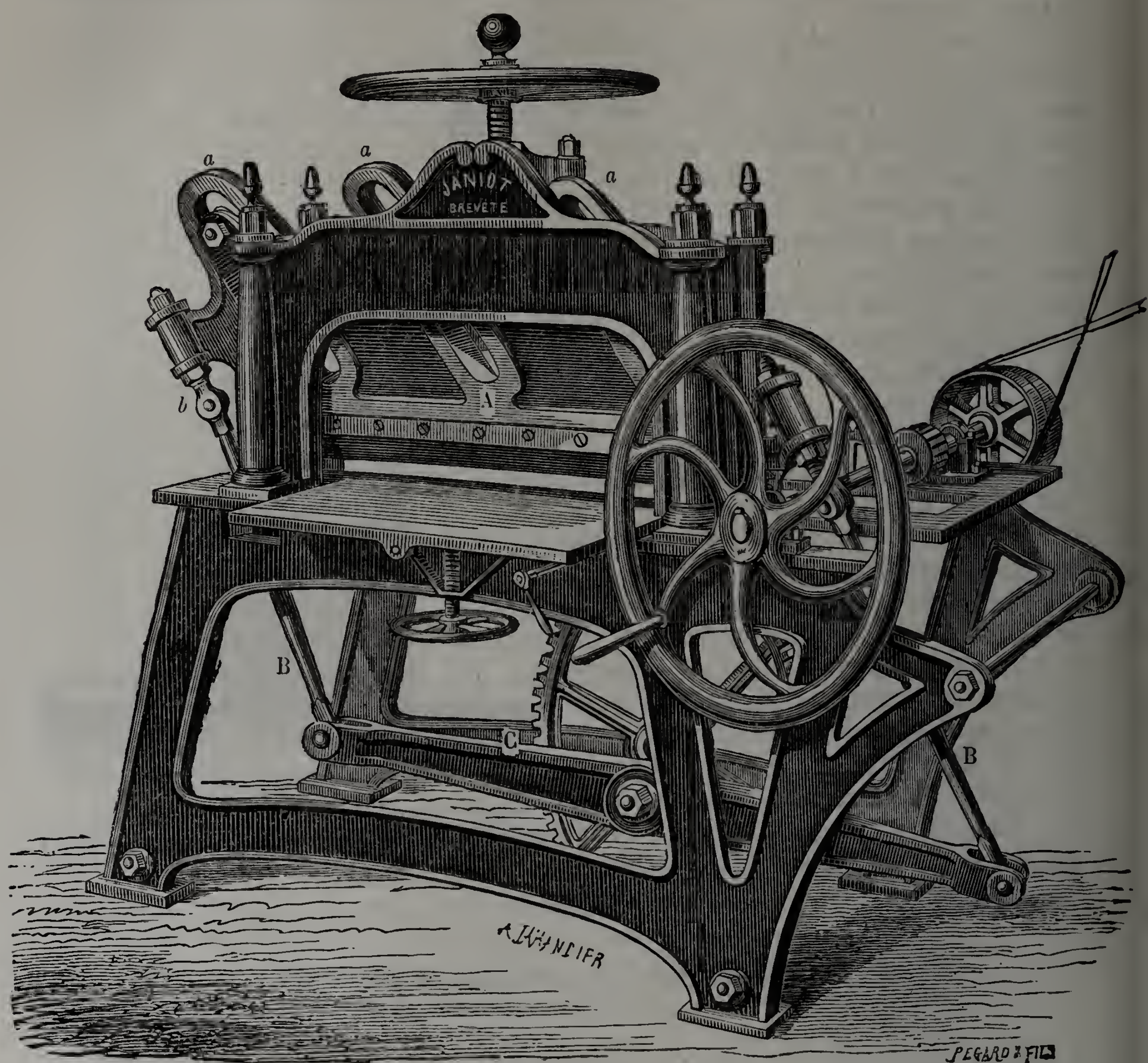


Fig. 7. — Machine à couper le papier, de M. Janiot.

Machine à grecquer. — La fig. 8 représente le dessin d'une machine à grecquer, telle que la construit M. Janiot. A est une pédale servant à actionner le volant E et la poulie F dont la courroie imprime un mouvement rapide à un arbre portant autant de petites fraises que l'on veut faire de coupures. Le livre B est serré le dos en bas entre deux mords d'étau, formant chariot, et pouvant coulisser sur la table au moyen des poignées D, des pignons et des crémaillères G. Lorsque le dos du volume passe au-dessus des fraises, celles-ci l'entaillent en plusieurs endroits nécessaires pour le passage de la ficelle à relier.

Etau à endosser. — Pour donner l'arrondi au dos du livre, on se sert d'un étau à endosser entre les mords duquel on serre le livre en pressant sur une pédale; puis avec un marteau on frappe légèrement sur le dos du volume pour lui donner sa forme arrondie. M. Janiot exposait une machine destinée à faire mécaniquement le travail de l'endossage, montrée fig. 9. Un bâti A supporte une sorte d'étau disposé au-dessous d'un rouleau B dont les pivots sont engagés dans un châssis à poignée C pouvant osciller autour d'un axe inférieur à celui

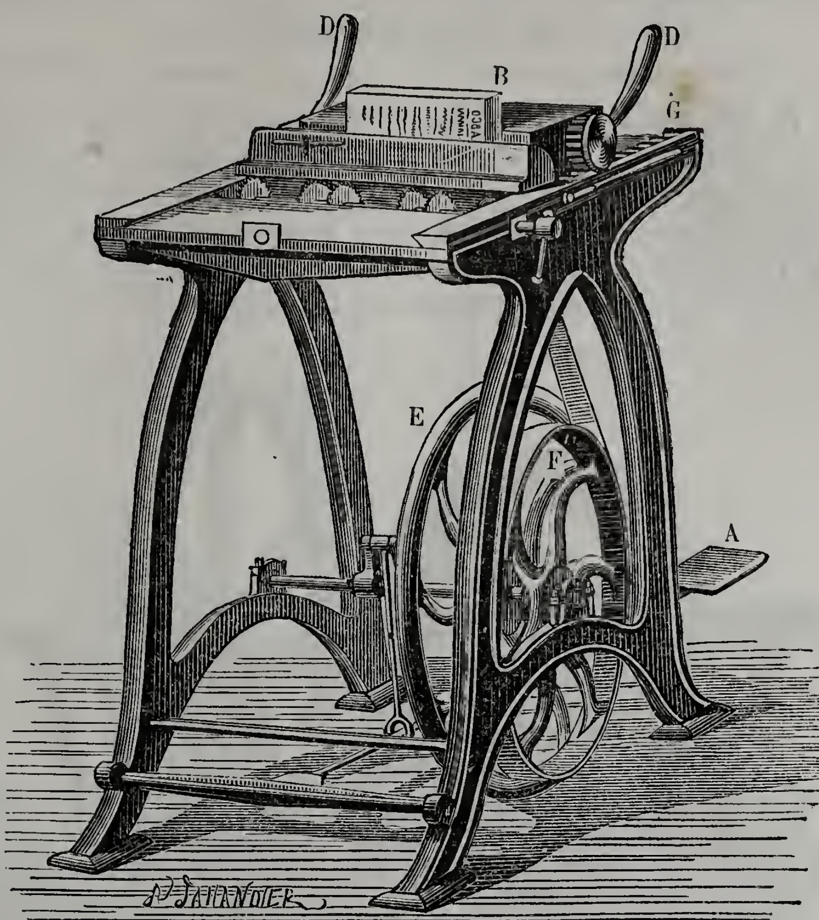


Fig. 8. — Machine à grecquer de M. Janiot.

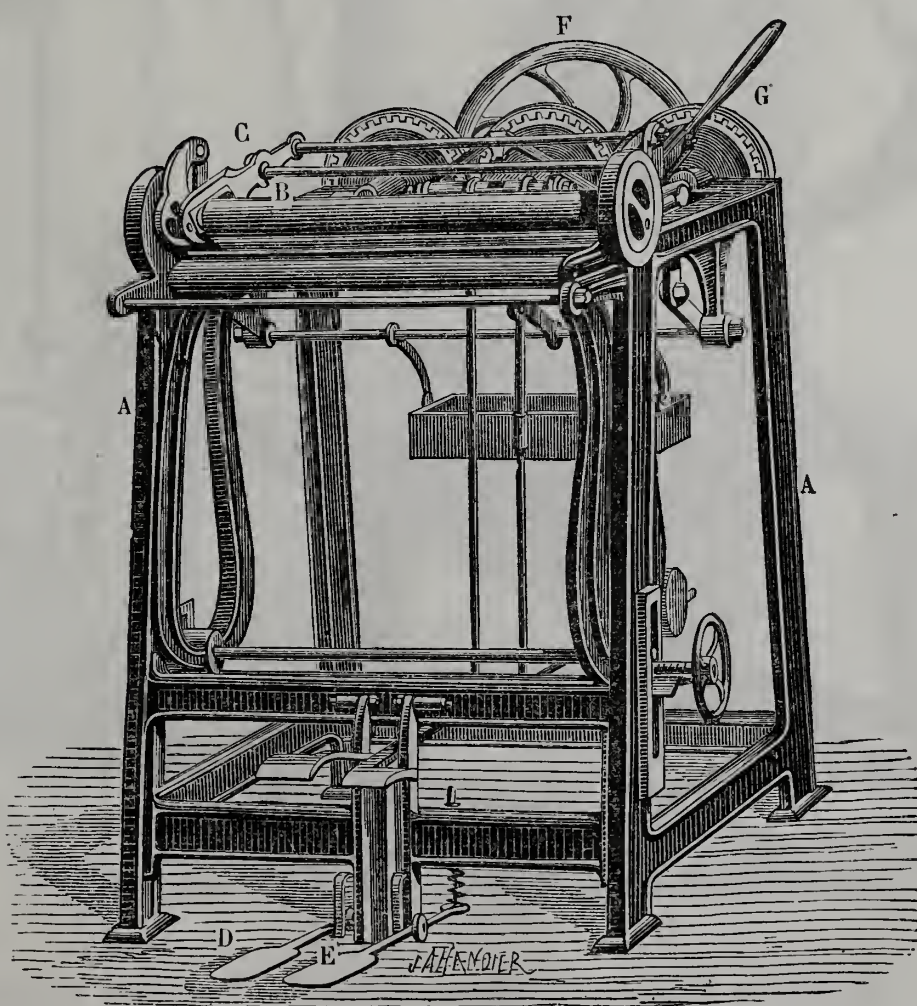


Fig. 9. — Étau à endosser.

du rouleau B. On place le livre dans l'étau que l'on serre au moyen de pédales D E et du volant F par trois roues dentées agissant sur des vis à filets contrariés fixées aux mords de l'étau. Cette disposition permet, quelle que soit la grosseur du volume, de le placer dans l'axe d'oscillation du rouleau. En imprimant à la poignée G un mouvement de va et vient, le rouleau B prend un mouvement circulaire alternatif qui refoule les feuillets du livre pour en arrondir le dos.

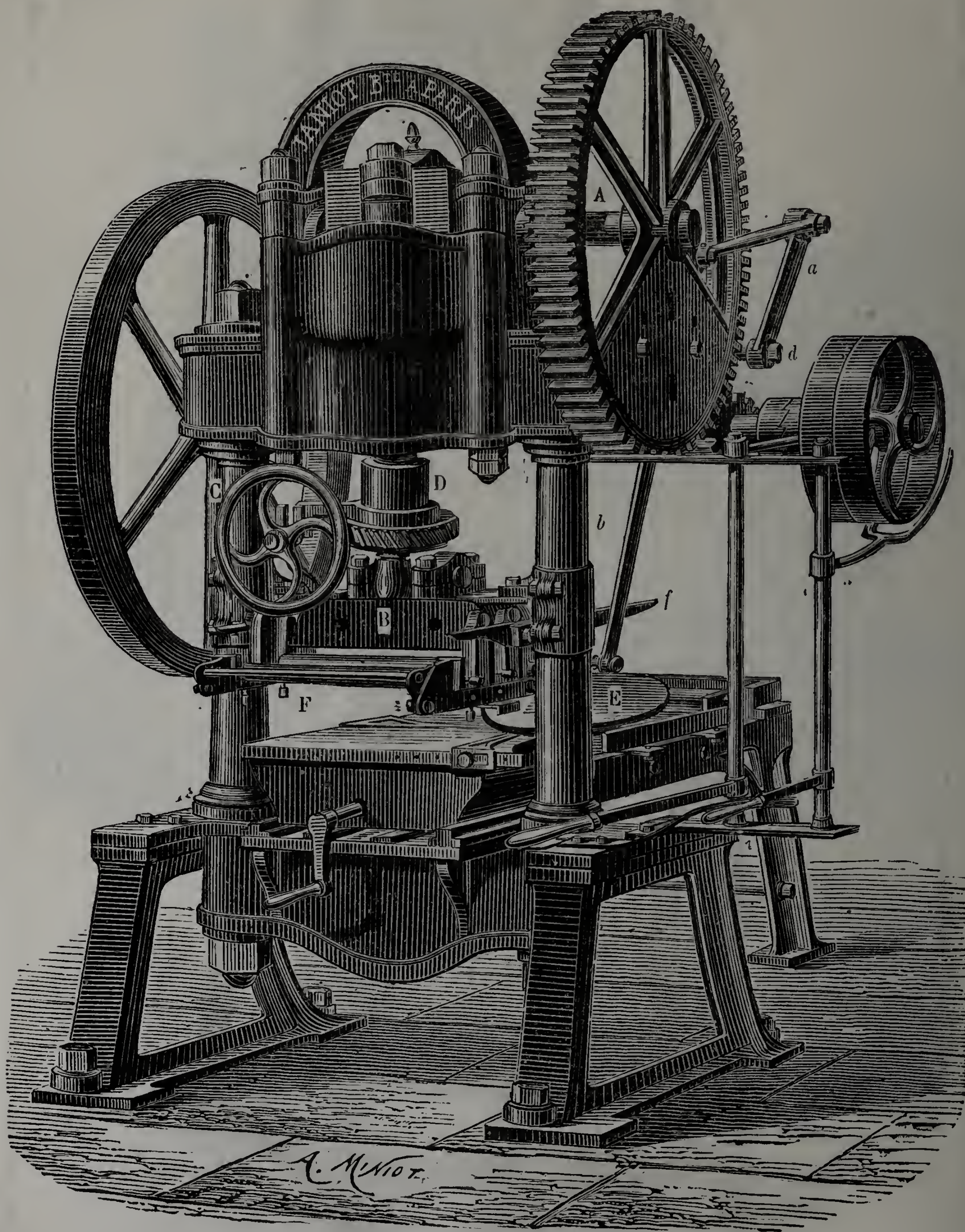


Fig. 10. — Presse au noir et à dorer.

Presse au noir et à dorer. — Enfin, parmi les machines à reliure, nous avons remarqué la grande presse au noir et à dorer perfectionnée par M. Janiot. Le dessin fig. 10 montre clairement sa disposition ; l'arbre à manivelle A donne

le mouvement au nez B qui porte la planche de cuivre gravée et chauffée par le gaz; sa pression peut se régler à volonté au moyen du volant C à vis sans fin, et de l'écrou mobile D. Cette machine possède une table tournante à encrer E mue par un rochet et un cliquet. L'arbre A porte une petite manivelle commandant, au moyen des leviers *a b* et de l'arbre *d*, un train de rouleaux encreurs F, qui, après avoir passé sur la table à encrer, est conduit par le levier *b* sur deux glissières horizontales *f* et passe au-dessous du nez pour encrer la planche; le train se retire avec la descente du nez. Cette machine permet de produire cinq cents à huit cents tirages à l'heure.

Couteau à papeterie pour rognures d'emballages, de M. Cheret. — L'emballage des objets fragiles, employant de grandes quantités de rognures de papier, ce constructeur a disposé une petite machine pour ce travail spécial. Elle coupe le papier ou la carte en bandelettes de toutes largeurs au moyen d'un simple réglage. Une table en fonte bien dressée porte un guide fixe et un guide mobile dirigeant le papier sous la cisaille dont la lame oscille à l'extrémité de cette table. En tournant un volant à manivelle, on met en mouvement la cisaille et deux cames : l'une soulève la règle qui maintient le papier pendant le coupage pour permettre à celui-ci d'avancer librement, tandis que l'autre produit l'avancement régulier de la feuille au moyen d'un levier à encliquetage qui fait tourner une vis sans fin à pas allongé, disposée sous la table fendue dans toute sa longueur. On fixe la feuille à couper dans une pince mobile portant un talon que l'on introduit dans la rainure de la table afin de l'engager dans le filet de vis. Dès que l'on tourne le volant, la came fait tourner cette vis, la feuille de papier avance, la règle s'abaisse pour la fixer et la cisaille coupe la bande. Une vis de butée sert à faire prendre plus ou moins de dents à l'encliquetage et la vis sans fin, proportionnant son évolution, fait avancer la feuille d'une plus ou moins grande quantité sous la cisaille.

Lingerie en papier. — Toutes les machines exposées par M. Gray et servant à cette industrie sont extrêmement simples; elles consistent en matrices gravées que l'on introduit sous une presse à bras ou à vapeur afin d'imprimer sur le carton découpé les divers dessins qu'elles comportent.

Pour les belles qualités, la matière formée d'un fort papier blanc renforcé par deux toiles fines collées sur ses deux faces, constitue un produit très-solide et très-élégant. Cette matière, prise en feuilles, est découpée à l'aide d'emporte-pièce, suivant la forme du col ou de la manchette et sa grandeur; dans cette première opération se percent également les boutonnières.

Puis, le col ou la manchette est introduit par une ouvrière entre les deux mâchoires d'une pince en bois garnie de plaques de cuivre gravées servant à gaufrer le papier, à imiter la piqûre de l'ourlet et même le grain du tissu; quand, comme cela a lieu pour les qualités inférieures, le col ou la manchette est formé d'un simple papier, cette pince est mise sous une presse et bientôt retirée avec le papier gaufré. Pour contourner les manchettes et leur donner une forme légèrement évasée, on les place entre deux cônes en bois s'enfonçant l'un dans l'autre au moyen d'un excentrique. Lorsque les cols et manchettes sont en papier simple, les boutonnières seraient de suite arrachées si elles ne recevaient une préparation spéciale qui est celle-ci : Aussitôt après le découpage, une ouvrière dispose les pièces entre les griffes d'une chaîne sans fin qui les entraîne sous une machine; là, un levier s'abaisse et dépose une couche de gomme autour de chaque boutonnière puis, une rondelle de toile, découpée dans d'étroites bandes par la machine elle-même, vient se coller à l'endroit où la gomme a été déposée, et, enfin, un troisième mouvement perce

et gaufre la boutonnière en imitant la piqûre. Toutes ces opérations se succèdent avec une grande rapidité et presque sans main-d'œuvre, ce qui explique le bas prix de tous ces articles valant environ douze à quinze francs la grosse pour les manchettes et de cinq à dix francs pour les faux-cols.

V. — Balanciers et presses pour divers usages.

Les balanciers se construisent de toutes grandeurs et sont appliqués à une foule d'usages différents. Dans les grandes dimensions, on les dispose de manière à être mus par la vapeur ; pour cela, on remplace la verge munie de lentilles, et qui donne la volée à la vis, par un volant circulaire recevant sur son pourtour une garniture de cuir ou de caoutchouc qui permet d'augmenter le frottement de deux disques fixés sur un arbre de transmission horizontal. Ces disques peuvent agir alternativement aux deux extrémités du diamètre du volant, au moyen d'un système de leviers que l'ouvrier manœuvre à l'aide d'une pédale et qui fait presser tantôt l'un, tantôt l'autre de ces disques sur le volant pour lui imprimer tel ou tel sens de rotation devant faire élever ou abaisser la vis et le porte-outil. C'est au moyen de matrices de diverses formes que l'on arrive à estamper les objets les plus variés, et à préparer le travail, d'une manière aussi économique que possible, en façonnant les pièces de métal qui n'ont plus besoin que d'être ébarbées pour être mises en service. Les petites pièces de fer et même d'acier se travaillent à froid sur le balancier; mais celles un peu importantes ou présentant des angles vifs doivent être préalablement chauffées afin de les rendre plus malléables.

Le balancier à friction sert à l'estampage des dalles en béton aggloméré, des tuiles à emboîtement, des objets en métal comme les couverts, les boîtes diverses, et il est surtout employé dans la fabrication des armes, des cuirasses, des garnitures de fusils et de sabres et même des fourreaux de sabre qui sont enroulés sur un mandrin, fermés au balancier et brasés ensuite. On l'emploie également pour le frappage des médailles et le découpage des flans épais.

Ces balanciers, qui figuraient à la classe 61, n'ont pas reçu de perfectionnements bien importants depuis 1867, mais leur application s'est étendue à une foule d'industries où ils remplacent avantageusement le travail relativement grossier du mouton et du marteau-pilon.

Balancier de M. Deny. — Depuis 1870, ce constructeur a fait une application intéressante du balancier pour la perforation des tôles et, notamment, pour les cylindres de presses à pulpes de betteraves qui ont une grande épaisseur (4 à 5 mill., et même plus) et doivent être percés de fentes étroites en forme de V, fig. 11, 12 et 13, de un à deux dixièmes de millimètre à l'extérieur du cylindre et de plusieurs millimètres à l'intérieur pour faciliter l'écoulement des jus. Voici comment il a obtenu ce résultat: Au nez du balancier, il fixe une espèce de composteur A dans lequel est maintenue, par la vis de pression B, une série de poinçons tranchants *a*, *b*, *c* etc., ayant beaucoup de ressemblance avec des ciseaux ou burins ; sur la semelle du balancier est fixée une matrice, ou contre-partie D, qui présente une petite cavité longitudinale au-dessous de chaque poinçon, et quelques goujons *e f* entrant dans des trous de même diamètre pratiqués dans la boîte A de manière à conserver exactement la position respective de ces deux pièces. On dispose la feuille de métal sur la matrice et on donne un ou deux coups de balancier, les poinçons font leur empreinte en refoulant le métal dans les cavités de la matrice inférieure et la feuille pré-

sente l'aspect de la fig. 13. Les petites bosses *g*, *h*, *k*, etc., sont alors enlevées soit à la lime, soit à la raboteuse, soit à la fraise et cette opération démasque l'ouverture d'une quantité d'autant plus faible que l'on aura fait pénétrer le poinçon moins profondément dans le métal.

Ces tôles, appelées par l'inventeur « *parties filtrantes*, » servent à la fabrication des presses pour l'extraction des jus de betteraves dans les sucreries, à la construction des épurateurs de pâte à papier, des filtres à bière, etc., etc.

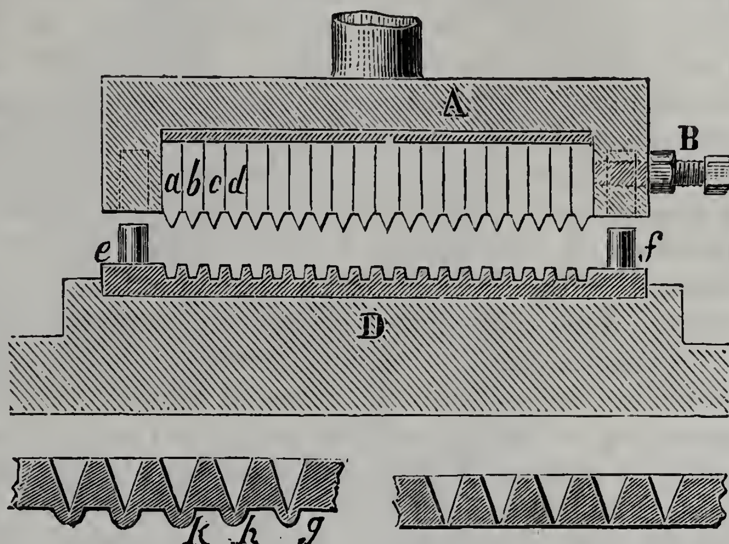


Fig. 11, 12 et 13. — Balancier de M. Deny.

Les petits balanciers avec verge et lentilles se manœuvrent à la main, ils sont d'un usage très-répandu, surtout dans la bijouterie, et servent à faire des travaux quelquefois très-surprenants, tels que des sphères creuses d'une seule pièce sans aucune soudure. Pour cela, découpant d'abord un flan circulaire que l'on emboutit d'un coup de balancier avec un poinçon en demi-boule, on obtient une sorte de tube terminé par une demi-sphère à peu près semblable à un dé à coudre; on place cette pièce ainsi préparée dans une matrice à fond sphérique, mais en ayant soin de mettre sa partie ouverte du côté du fond, puis avec le balancier on abaisse sur la pièce un poinçon creux en demi-boule qui, pressant sur le métal, l'oblige à épouser la forme de fond sphérique de la matrice. On obtient ainsi une sphère complète en deux coups de balancier.

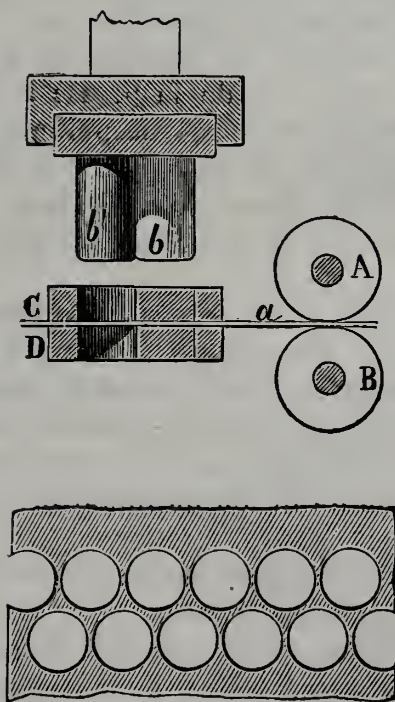


Fig. 14 et 15.

M. Deny exposait aussi une nouvelle machine à découper à poinçons multiples pour des flans de métal très-mince ou des petites rondelles de carton employées dans la fabrication des bourres de cartouches de guerre et de chasse. Le peu de résistance de la matière à découper s'opposait à faire un travail économique, c'est-à-dire produisant peu de déchet, car la quantité de matière qu'il fallait laisser entre chaque trou, pour que le poinçon ne l'emboutisse pas, devait être assez considérable. La question a été très-bien résolue par la disposition dont nous donnons le croquis, fig. 14 et 15.

Deux cylindres alimentaires A et B font avancer la feuille à découper *a* d'une quantité que l'on peut régler pour chaque grosseur de poinçon en engageant plus ou moins un levier sur une came fixée à l'arbre moteur qui commande les poinçons *bb'*. La feuille *a* prend ainsi un mouvement d'avancement saccadé entre deux matrices CD, dont on règle l'écartement au moyen de vis suivant les épaisseurs à découper, et elle n'est rencontrée par les poinçons *bb'* que lorsqu'ils ont traversé la première matrice C qui les guide en même temps qu'elle maintient la

surface de la matière à découper. Les poinçons sont disposés en quinconce en deux rangées parallèles et fixés à une barre métallique que l'on ajuste au nez de la découpeuse ; leur course ascensionnelle peut se régler à l'aide d'une boite filetée placée sur la tige de l'excentrique qui les commande.

Nous avons remarqué également une petite machine à emboutir horizontale pouvant s'appliquer à plusieurs industries, telles que: la fabrication des moules métalliques pour boutons de soie, des boîtes de fer blanc pour tous usages; à l'emboutissage des dés à coudre, etc., etc. Elle se compose d'un arbre horizontal muni d'un volant et d'un excentrique actionnant horizontalement le poinçon ou l'outil au-dessus d'une matrice fixe, le va-et-vient du poinçon portant un cliquet agit sur un rochet pour le faire tourner d'une de ses six dents à chaque révolution de l'arbre moteur; ce rochet entraîne avec lui un plateau percé de six orifices dans l'un desquels l'ouvrière place le flan qui doit être embouti et que la rotation du plateau amène sur la matrice devant le poinçon, elle n'a donc plus ainsi à approcher ses mains de l'outil en mouvement.

La cisaille à guillotine construite par M. Deny se compose de deux glissières verticales entre lesquelles se meut le porte-lame commandé par deux ou trois excentriques fixés à un arbre horizontal supporté au haut de la machine. Celle qui était exposée à la classe 61, et dont la lame avait $1^m,50$ de longueur, peut débiter de 800 à 1,000 kilog. de bandes de 10 à 50 millimètres de largeur et beaucoup plus droit que le ferait une cisaille à lame ou circulaire. Cette cisaille porte un guide pour maintenir la matière à découper.

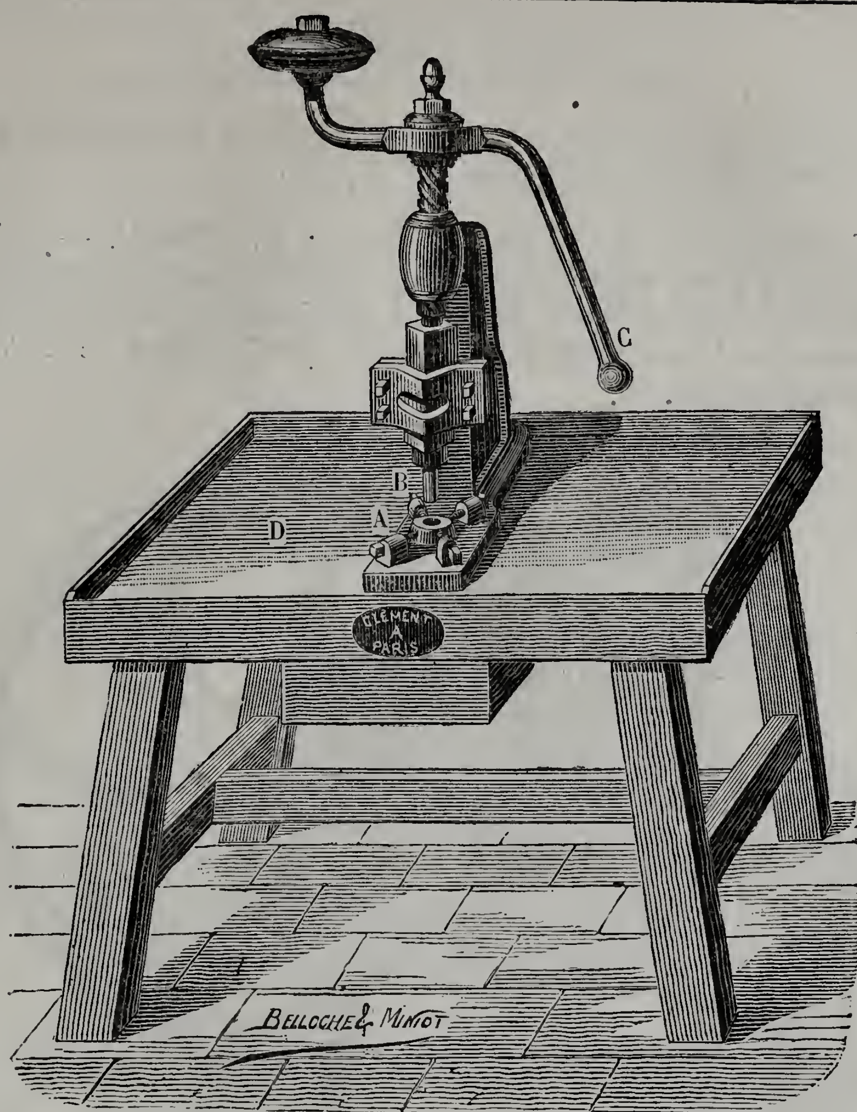
Fabrication des boutons d'étoffe avec moule métallique. — Avec une belle collection de balanciers, découpoirs et presses diverses M. Clément exposait deux types de presses employés dans la fabrication des boutons et que nous reproduisons fig. 16 et 17. A l'aide d'un petit découpoir, on pare des flans ou rondelles d'étoffe et des flans métalliques en tôle mince d'un diamètre un peu moindre que celui de l'étoffe, on place sur la matrice A, de la presse à vis fig. 16, un flan de métal, et, en tournant la poignée C, on abaisse le poinçon B dont l'extrémité possède la forme que l'on désire donner au bouton ; la tôle s'emboutit et descend au fond de la matrice. Un levier disposé sous le banc D sert à faire remonter le moule métallique. Ensuite, sur la petite presse dite à pompe (fig. 17), le bouton est monté et serti.

Pour cela, on place sur la matrice E un flan d'étoffe et un moule métallique, puis, exerçant une légère pression sur la poignée G de manière à ce que le poinçon H repousse les deux pièces du fond de la matrice, l'étoffe se tend, prend la forme du moule et, son diamètre étant plus grand, déborde légèrement tout autour de ce dernier. On relève alors la poignée G et on l'abaisse de nouveau pour introduire dans le milieu du moule une queue de fil ou de métal préparée à l'avance.

La queue de fil se fait sur un rouet, c'est une petite boule de carton entourée de fil ou de coton et qui sert à coudre le bouton sur le vêtement.

La queue de métal se prépare au balancier, c'est une petite rondelle de carton recouverte d'étoffe et d'un disque de tôle percé à son centre pour laisser à jour le tissu qui doit être cousu avec le vêtement. Cette queue, en descendant dans le moule à bouton, entraîne avec elle l'étoffe extérieure et la force à entrer dans le moule par dessus les bords de la tôle, il reste alors à sertir le bouton pour lui donner de la solidité, ce que l'on obtient au moyen d'un vigoureux coup de balancier auquel est adapté un poinçon spécial qui rabat les bords du moule par dessus la queue du bouton ; il maintient ainsi en même temps la queue et l'étoffe intérieure.

Toutes ces opérations se font avec une grande rapidité et l'emploi du balan-



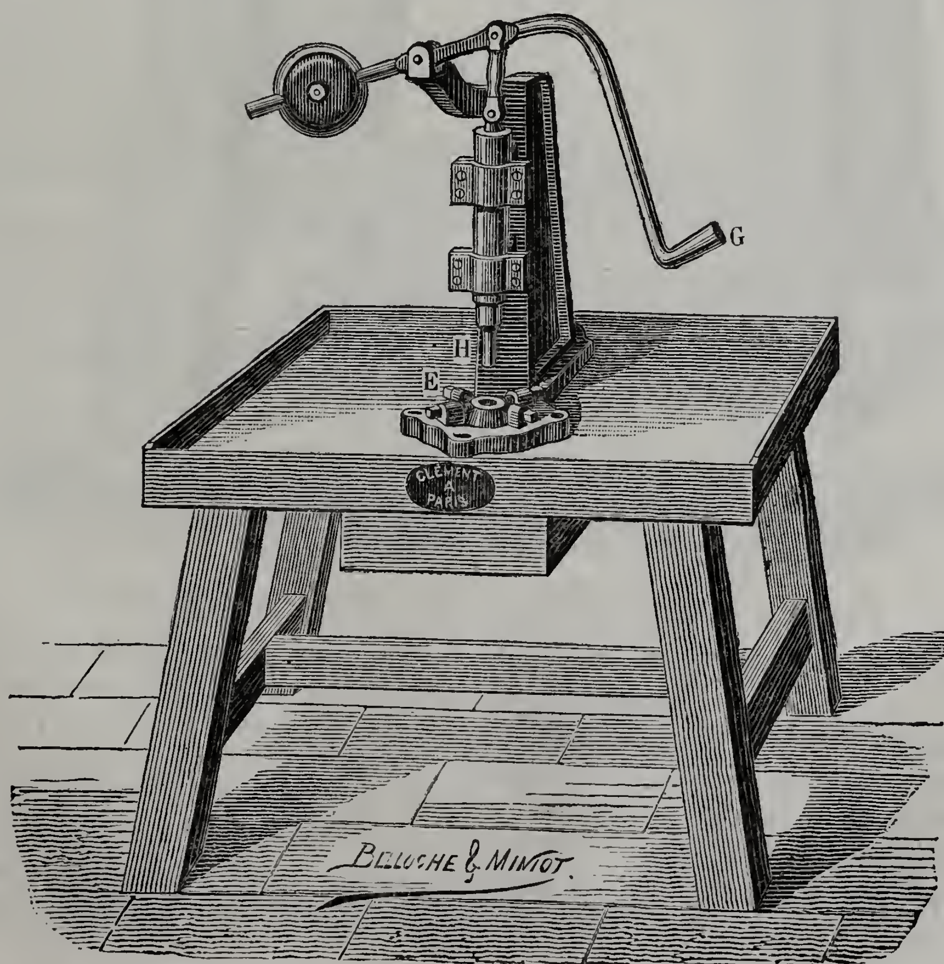


Fig. 16 et 17. — Presses de M. Clément, employées pour la fabrication des boutons.

cier fait de cette fabrication une industrie de chambre que l'ouvrier peut exercer à peu de frais, sans le secours d'aucun moteur.

Machine à découper les fleurs artificielles, de M. Clément. — Cette petite machine, bien que d'une grande simplicité, rend d'utiles services dans la fabrication des fleurs artificielles et remplace le découpage au maillet, long et bruyant. Cet outil est peu coûteux et remplit parfaitement le but cherché ; nous le reproduisons fig. 18.

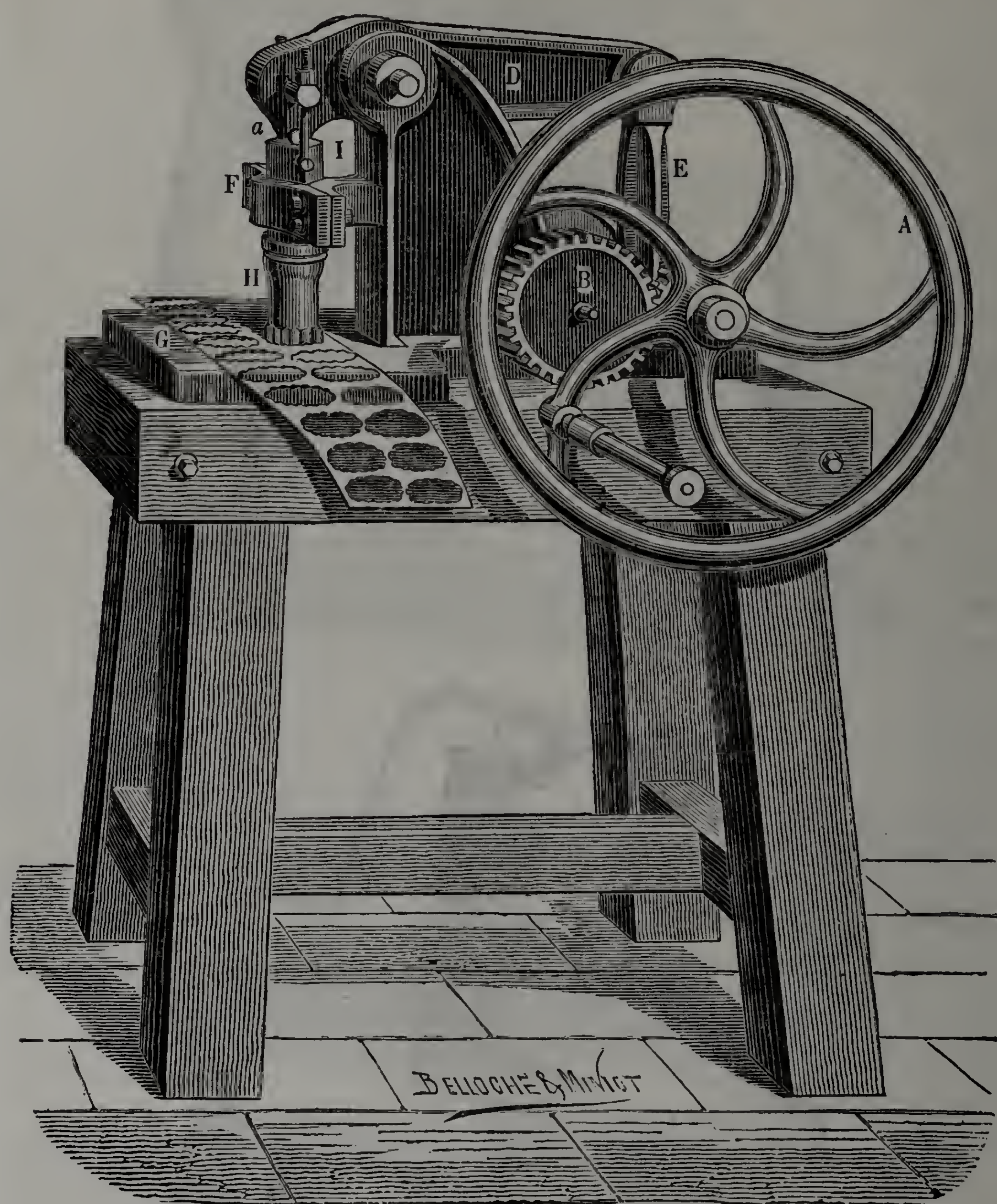


Fig. 18. — Machine à découper les fleurs artificielles, de M. Clément.

Un volant à manivelle A est monté fou sur un arbre coudé qui porte un pignon engrenant avec la roue B, dont l'arbre traverse le bâti, et est muni à son autre extrémité d'un pignon qui commande la roue de l'arbre coudé. Ces engrenages ont pour effet de multiplier environ six fois l'effort de l'ouvrier et d'imprimer un mouvement lent du levier D par l'intermédiaire de la bielle E. L'extrémité antérieure de ce levier presse, au moyen d'un petit galet d'acier *a*, sur une pièce carrée I se mouvant dans un guide F. Sur la table G de la machine, l'ouvrier place une feuille de gros carton avec les étoffes à découper ; l'emporte-

pièce est monté dans un fût en fonte H qui permet de le tenir de la main gauche jusqu'à ce que la pression de la machine le maintienne. La pression qu'il subit ainsi est extrêmement forte et lui permet de découper douze ou quinze épaisseurs d'étoffe à la fois qui, étant refoulées dans l'outil par le carton, se gaufrent en même temps qu'elles se découpent.

Cette machine peut aussi découper les feuilles les plus délicates dont les nervures s'impriment sur le tissu.

Machine à découper les culots de cartouches, de M. Gauchot. — Cette machine, qui peut découper tous les métaux, a été plus spécialement faite pour le découpage et l'emboutissage des culots de cartouches de guerre et de chasse; elle a surtout l'avantage de découper automatiquement, et avec le moins possible de déchets, les grandes feuilles de cuivre ou de tôle.

La machine présente l'aspect d'une petite poinçonneuse; un arbre horizontal traverse le bâti à la partie supérieure et reçoit son mouvement d'un moteur, cet arbre porte en avant un excentrique qui actionne le poinçon au-dessus de la matrice fixée au bâti. Mais la partie nouvelle consiste dans le mode de placement et d'entraînement de la feuille à découper. Les culots de cartouches se font en cuivre mince et, par conséquent, très-souple, ce qui permet d'enrouler la feuille sur un disque de manière à en former un cylindre; ce disque est monté à l'extrémité d'une vis horizontale dont il suit le mouvement et imprime ainsi à la feuille enroulée un déplacement hélicoïdal au-dessous du poinçon. Mais l'arbre moteur porte un doigt qui, à chaque révolution, fait opérer un quart de tour à une croix de malte calée sur un pignon; ce pignon produit l'avancement de deux dents d'une grande roue portant dans son moyeu une clavette fixe qui, entrant dans une rainure longitudinale de la vis, l'entraîne dans son mouvement de rotation en lui laissant la facilité d'avancer. Une griffe, formant écrou, est fixée au bâti et permet, lorsqu'elle est relevée, de déplacer la vis, comme on le désire, afin d'y appliquer la feuille de métal; mais la grande roue ayant un nombre impair de dents et un pas déterminé d'après le diamètre du poinçon, il arrive que la feuille enroulée est découpée, non-seulement en hélice, mais aussi en quinconce, disposition qui offre le moins de déchets et utilise le mieux la surface du métal. Ce système très-simple rend la machine automatique et, par conséquent, pratique.

Machine à enrouler les balles, de M. Gauchot. — Depuis quelques années l'artillerie a adopté, dans la fabrication des cartouches de guerre, des balles entourées de plusieurs tours de papier mince, celui-ci ayant, surtout, pour effet d'assurer l'herméticité du joint de la balle avec la cartouche. M. Gauchot construit une machine propre à faire ce travail avec beaucoup de précision, mais qui est trop compliquée pour être décrite dans tous ses détails, nous nous bornerons à expliquer les diverses opérations qui se succèdent, sans entrer dans la description des organes qui les produisent.

Cinq opérations bien distinctes sont nécessaires :

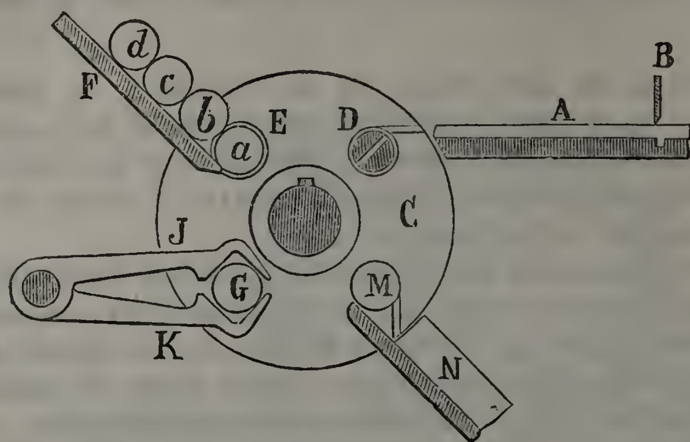
1° Couper le papier à la longueur voulue; 2° enrouler le papier sur lui-même; 3° introduire la balle dans le papier; 4° serrer le papier sur la balle, rouler le fond et l'aplatir; 5° évacuer la balle terminée.

Le papier en bande continue est enroulé sur une bobine et se déroule à mesure des besoins; un curseur le fait avancer sur une table A de la quantité nécessaire pour enrouler une balle et un petit couteau B, fig. 19, le coupe. Afin de gagner du temps, les quatre autres opérations se font simultanément au moyen d'une roue à quatre encoches C commandée par une croix de malte qu la fait avancer d'un quart de tour après chaque opération.

Lorsque la bande de papier avance, son extrémité s'engage dans une tige D,

fendue diamétralement, qui se met à tourner sur elle-même en enroulant le papier dans le premier trou de la roue C, puis la broche se retire en laissant le papier, et la roue C opère un quart de révolution dans le sens de la flèche.

Le rouleau de papier vient alors se présenter devant un tube de laiton E, d'un diamètre légèrement plus grand qu'une balle, et coupé par moitié en face une rigole inclinée F à laquelle il est fixé et où les balles *a b c d*.... sont placées par une ouvrière. Elles descendent par leur poids dans le tube E, mais une broche logée dans ce tube vient bientôt pousser la balle *a* qui pénètre dans le rouleau de papier; la broche se retire en arrière, la balle *b* prend la place de la balle *a*, et la roue C avance de nouveau d'un quart de tour.



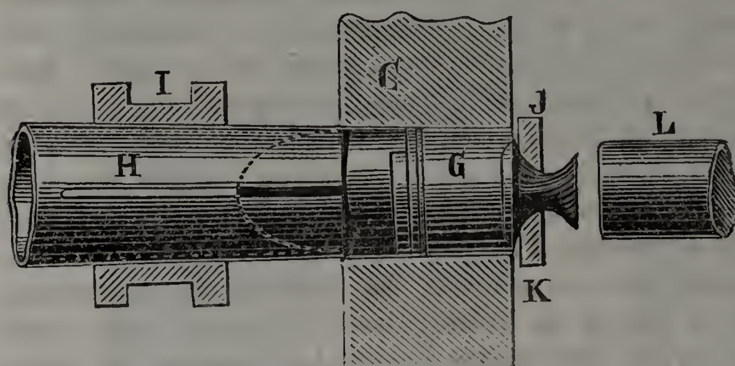


Fig. 19 et 20.
Machines à enrouler les balles.

La balle enroulée se présente alors en G et, afin de bien montrer ce qu'elle va subir, nous donnons fig. 20, en grandeur d'exécution, une coupe verticale de la roue C faite dans l'axe de la balle G. Un tube H légèrement conique, et fendu des deux côtés de manière à former pince, avance sur la balle pendant qu'une douille I, mue par une fourchette, vient serrer sur le cône pour fermer la pince; la balle étant prise dans le tube H, tourne avec lui et fait ainsi trois ou quatre tours; pendant ce mouvement, les deux mâchoires J K se rapprochent graduellement l'une de l'autre, ce qui roule le papier en excès de manière à former culasse et en même temps serre l'enveloppe sur la balle; les crochets J K s'écartent et une broche pleine L vient presser le tortillon de papier pour l'aplatir. La balle cesse de tourner, elle est terminée, le tube à pince H s'ouvre, se recule et la roue C fait son dernier quart de tour.

La balle finie arrive en M devant une tige qui la pousse dans la rigole N ou dans un récipient quelconque.

Par l'heureuse disposition de la roue C, les quatre opérations s'effectuent simultanément, ce qui permet d'obtenir une balle par chaque quart de tour de cette roue.

Mouton à estamper, de M. Mortelette. — Ce mouton diffère un peu des autres systèmes en usage, parce qu'il est automatique et qu'il marche sans le secours de l'ouvrier qui peut, alors, disposer de ses mains pour préparer le travail. Il consiste en une masse de fonte portant le poinçon ou la contre-partie pouvant glisser entre deux guides verticaux et qui vient frapper sur le tas ou la matrice en retombant d'une certaine hauteur. Le marteau est enlevé par une forte courroie en cuir s'enroulant sur un tambour venu de fonte avec une poulie, le tout étant fou sur un arbre horizontal fixe; à côté de cette poulie tambour

se trouve une poulie folle de même diamètre sur laquelle passe la courroie d'un moteur quelconque.

Quand le mouton repose sur le tas, il touche un taquet fixé sur une tringle correspondant avec la fourchette de la courroie motrice et qui le dirige sur la poulie tambour et l'entraîne en enroulant la courroie du mouton; mais celui-ci, en s'élevant, rencontre un autre taquet que l'on peut régler sur la même tringle afin d'obtenir la hauteur de chute que l'on désire; ce taquet fait incliner la fourchette dans l'autre sens et fait passer la courroie sur la poulie folle, la poulie tambour et, par conséquent, le mouton devenant libre, celui-ci tombe en vertu de son poids en faisant tourner, sur l'arbre fixe, la poulie tambour dans un sens contraire à celui que lui avait donné la courroie motrice. A peine le marteau a-t-il porté sur le tas que la courroie, sollicitée par la fourchette et le taquet, l'enlève de nouveau pour le laisser retomber et ainsi de suite.

Un débrayage à main est placé à portée de l'ouvrier de manière à lui permettre d'arrêter le mouvement quand il le juge convenable.

Laminoir à double vitesse indiquant l'épaisseur du plané, de M. Henry. — Le laminoir de bijoutier construit par M. Henry présente pour l'industriel des avantages incontestables que nous nous empressons de signaler : Monté sur une petite colonne en fonte, il occupe beaucoup moins de place que monté sur un banc de bois tout en conservant une solidité et une stabilité bien suffisantes pour les travaux de bijouterie. De plus, suivant la nature du travail, on peut lui donner une grande ou une petite vitesse au moyen d'un arbre auxiliaire portant la manivelle et deux pignons de diamètres différents qui engrènent avec deux roues calées sur l'axe du rouleau inférieur du laminoir; en faisant coulisser l'arbre dans ses supports et le fixant ensuite par une clavette, on opère l'engrenage de l'un ou de l'autre pignon avec l'une ou l'autre roue du rouleau, et on obtient ainsi deux vitesses différentes suivant les diamètres. Une disposition très-simple permet de connaître en millimètres et dixièmes de millimètres l'écartement des rouleaux et, par conséquent, l'épaisseur du plané; elle consiste à fixer, sur l'une des vis réglant l'écartement, un petit cylindre dont la surface divisée présente ses chiffres à une aiguille fixée au bâti. Lorsque l'on fait tourner ces vis pour régler l'épaisseur du plané, le cylindre divisé tourne avec elles et indique sur l'aiguille des fractions de leur pas que l'on a eu soin de convertir en dixièmes de millimètres; le nombre de tours du cadran indique les millimètres et le chiffre lu les dixièmes de millimètre.

VI. — Machines de caves.

Les premières machines à boucher qui ont été faites sont les plus simples, et peut-être les meilleures, bien que l'usage tende aujourd'hui à les faire disparaître pour les remplacer par les machines à compression latérale dont on trouve des spécimens chez tous les constructeurs qui ont exposé. Il est vrai que pour le débouchage des vins ordinaires ou des liquides sans pression, les machines à compression latérale peuvent avoir certains avantages sur les anciennes à tubes coniques, dans lesquelles la broche, qui doit être étroite pour passer en bas du tube, marque le bouchon et le gâte. Les machines à compression latérale commencent par comprimer le bouchon pour diminuer son diamètre, avant que la broche le fasse descendre, et c'est dans le but de produire cette compression que les constructeurs sont arrivés à faire des machines plus ou moins compliquées qui ne résolvent qu'imparfaitement ce problème : « comprimer le bouchon uniformément sur tout son pourtour. »

Ce résultat n'étant pas encore atteint, il s'ensuit que les machines à compression latérale sont actuellement rejetées pour le bouchage des vins mousseux, pour lesquels on doit employer un bouchon d'une surface triple de celle du goulot afin qu'il résiste à la pression intérieure. Cet énorme bouchon nécessite des moyens de compression énergique avec lesquels on risque de pincer le liége; et, bien qu'en apparence le bouchon ne semble pas avoir été altéré, au bout de quelques mois il s'y déclare des fuites et le liquide s'écoulant sous l'influence de la pression, la bouteille est à peu près perdue; on dit alors qu'elle est recouleuse.

Ainsi, tandis que pour les vins de Bordeaux, de Bourgogne, etc., et, en général, pour mettre en bouteilles un liquide quelconque non mousseux, toutes les machines à boucher peuvent servir, pour les vins de Champagne, au contraire, le choix d'un système de machine à boucher est une question capitale d'où dépend toute la cuvée mise en bouteilles.

Nous allons maintenant examiner les différents systèmes de machines à boucher les vins ordinaires, avec ou sans compression latérale, et les vins mousseux.

Machines à boucher les vins ordinaires. — Machines à tube conique. — Nous donnons fig. 21 le dessin d'une machine à tube conique et à levier construite par M. Gervais. Sur un banc de bois A, est boulonné un bâti en fonte B portant à la partie supérieure une douille *a* où coulisse la broche *b* mue par un secteur denté caché dans le bâti, et le levier à contre-poids C. Le tube conique est placé en D dans un petit bras fondu avec le bâti; comme son nom l'indique, c'est un tube évasé à la partie supérieure et qui se rétrécit en bas jusqu'à avoir un diamètre moindre que le goulot de la bouteille; on place un bouchon bien trempé, pour le rendre souple, dans le tube et, en abaissant le levier C, la broche *b* descend et pousse le bouchon dans la partie étranglée du tube D d'où il sort comprimé sous un petit diamètre. La bouteille a été préalablement placée sur la pédale automatique E qui tend à la soulever par l'effet du contre-poids F et à presser le goulot contre le bâti au-dessous du tube conique, le bouchon, sortant de ce dernier, entre dans la bouteille et se gonfle en reprenant son volume primitif. L'ouvrier se tient à cheval sur la machine et assis sur le siége H. Un vase en fer blanc K est destiné à recevoir le liquide en excès pour le bouchage, ou provenant du bris des bouteilles, et à le conduire dans un vase mobile M.

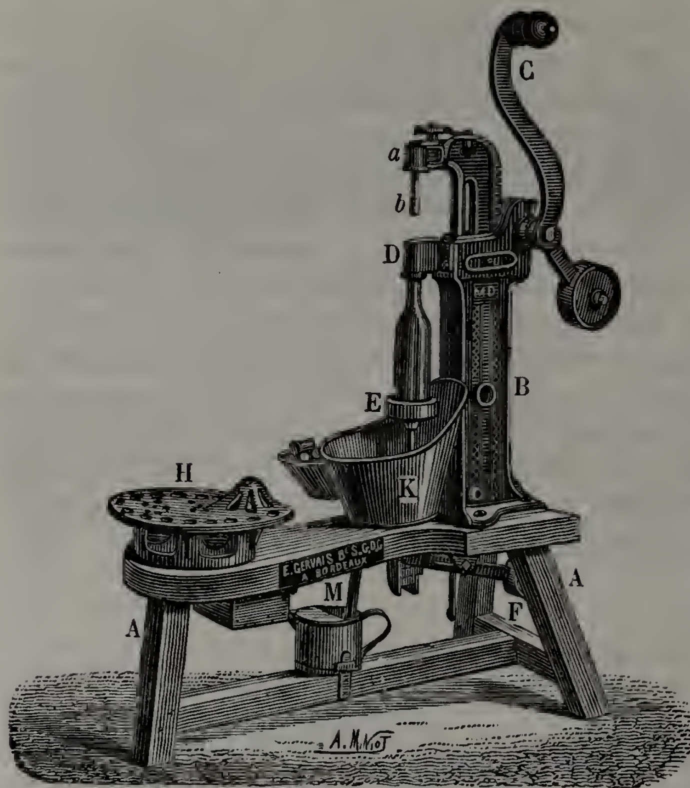


Fig. 21. — Machine à tube conique.

Nous avons vu encore les machines à tube conique aux expositions de MM. Verrier, Chalopin et Ducourneau; les deux premiers emploient, au lieu de la pédale automatique, un coin muni d'une poignée que l'on glisse sous le

bloquet qui supporte la bouteille, de manière à la relever sous le tube conique. Ce dispositif est simple, mais peut occasionner la rupture de la bouteille lorsqu'elle est trop pleine et que le bouchon s'appuie contre le liquide; la pédale automatique cède quelquefois sous la grande pression, mais, le coin ne permettant pas le moindre déplacement de la bouteille, il faut que celle-ci éclate.

M. Thémar exposait une petite machine domestique à tube conique d'une disposition très-ingénieuse, qui permet de boucher la bouteille sans y enfermer d'air et sans craindre, par conséquent, de la casser par le trop plein. La fig. 22 montre en coupe, un petit bâti A que l'on fixe sur une table quelconque au moyen d'une vis B et qui porte en C le tube conique. La broche D guidée dans le bâti est mue par un levier E articulé à une bielle F et presse sur le bouchon placé dans le tube. Supposons que l'on prenne une bouteille emplie de manière à déborder, lorsqu'on l'aura placée sous le tube conique, comme l'indique la fig. 22 ci-contre, celui-ci aura rejeté dehors une quantité de liquide égale au volume qu'il occupe avec le bouchon, car on a eu soin, avant de placer la bouteille, de descendre le bouchon tout en bas du tube.

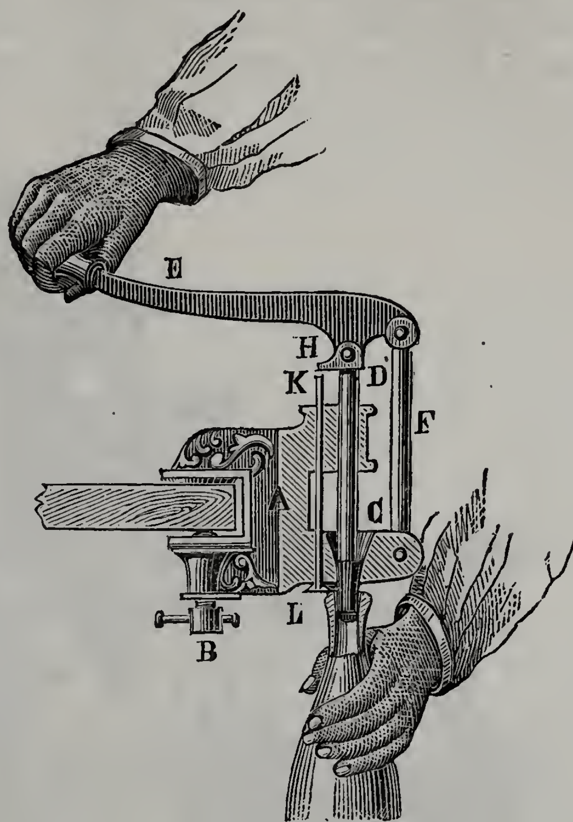


Fig. 22. — Machine à tube conique de M. Themar.

A partir de ce moment, le levier E étant abaissé fera sortir le bouchon du tube, mais sans qu'il y ait compression dans la bouteille, attendu qu'un talon H rencontre une tige K qui repose par un petit plateau L sur le bord du goulot; et, tout le système des tiges D,K, du bouchon et de la bouteille descendant en même temps, il n'y a aucun danger de faire éclater la bouteille qui se trouve ainsi bouchée sans air.

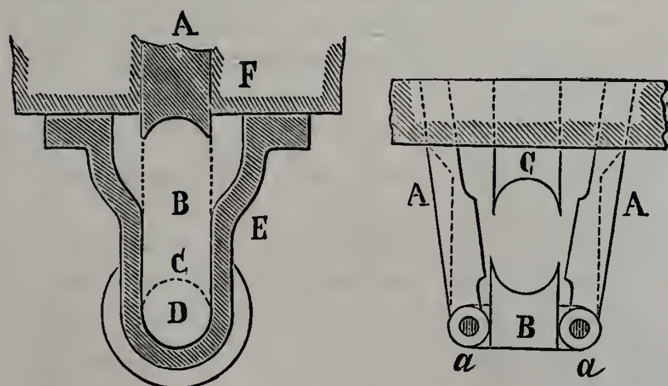


Fig. 23 et 24. — Machines à compression latérale.

Machines à compression latérale. — Plusieurs des machines exposées rentrent dans le mode de compression dont nous reproduisons le dessin fig. 23, entre autres, celles de MM. Bignon, Ducourneau, Laurent et Gervais. Dans ces machines, le mouvement même de la broche commande une pièce mobile A qui pousse devant elle le bouchon que l'on a placé dans la partie élargie B, celui-ci se comprime dans la partie étroite C et arrive en D au-dessous de la broche où il finit de se comprimer entre la pièce E, fixée au bâti F, et la pièce mobile A qui reste en place pendant le bouchage.

La machine de M. Gervais possède deux mouvements qui ont lieu l'un après

l'autre; le premier opère le rapprochement de deux pièces mobiles A A fig. 24 articulées en *a a* sur une pièce fixe B et commandées dans l'intérieur du bâti par deux plans inclinés ou des cames. Lorsque ce premier mouvement a comprimé le liége sur deux de ses points, une troisième pièce C avance et vient serrer le bouchon qui s'arrondit entre la pièce fixe B et la pièce mobile C. Nous représentons fig. 25 la vue d'ensemble de cette machine. On voit en A les pièces mobiles pour la compression, en D la broche mue par le levier E, et en F la pédale automatique avec son contre-poids; *a a a* sont des pièces de rechange pour la compression des différentes grosseurs de bouchons.



Fig. 25.

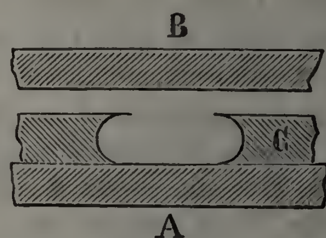


Fig. 26.

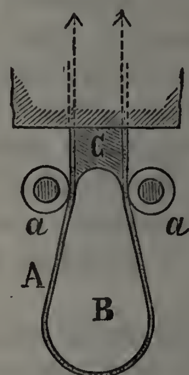


Fig. 27.

Machines à compression latérale.

Suivant la hauteur des bouchons et la saillie qu'on veut leur laisser en dehors de la bouteille après le bouchage, la course de la broche doit être modérée, c'est ce que l'on obtient à l'aide du petit volant H qui, par le moyen d'une vis sans fin, déplace le point d'articulation du levier intérieur commandant la broche.

M. de Mestre a adopté la disposition représentée fig. 26 ayant quelque ressemblance avec la précédente. Une pièce A est fixée au bâti et une pièce mobile B s'en rapproche jusqu'à porter sur deux croissants mobiles C D qui achèvent de comprimer le bouchon.

Ce constructeur a aussi cherché à laisser le bouchon saillir en-dehors du goulot, il obtient un excellent résultat en plaçant au-dessous du tube conique, ou de l'organe de compression, un anneau de métal d'un diamètre intérieur égal à celui du bouchon comprimé et au-dessous duquel on place la bouteille. Cet anneau peut s'ouvrir en deux parties au moyen d'une charnière, mais pendant la descente de la broche il reste fermé, ce n'est que lorsque celle-ci est remontée que l'on peut retirer la bouteille dont la partie saillante du bouchon était enfermée dans l'anneau.

M. Guichard obtient la compression du bouchon par un procédé tout différent, dont nous donnons une vue en plan fig. 27. A est une lame flexible repliée sur elle-même et passant entre deux petits galets *a a*; les deux extrémités de cette lame sont tirées par un levier, et la boucle élargie B, où l'on a placé le bou-

chon, se resserre peu à peu entre les galets et finalement le comprime contre la partie fixe C. Il peut ensuite être enfoncé par un des moyens décrits ci-dessus.

Machines à boucher les vins mousseux. — Ce qui caractérise les machines champenoises, c'est la précision dans l'ajustage des pièces constituant le tube, c'est-à-dire la partie qui reçoit et comprime les bouchons, quel qu'en soit d'ailleurs le système.

Pour chasser les bouchons, le moyen qui s'offre le plus naturellement à l'esprit consiste dans l'emploi d'un levier commandant la broche, et avec lequel on exercerait une pression continue : aussi est-ce le procédé usité dans la plupart des machines à boucher les vins non mousseux que l'on voyait à l'Exposition de 1878.

Machine à boucher les vins de Champagne, de M. Lemaire. — Le moyen précédent, malheureusement, n'a pu être appliqué aux machines champenoises, du moins jusqu'à ces derniers temps. Les bouchons offrant trop de résistance à cause de leur grosseur, on a dû s'en tenir aux procédés de percussion qui sont de deux sortes : par le premier, tout à fait primitif, on chasse la broche à coups de maillet; par le second, la broche est munie d'un poids de huit à dix kilogrammes qui glisse entre des guides verticaux comme un mouton, on l'élève avec une corde passant sur une poulie et on la laisse retomber sur le bouchon.

Ces deux systèmes également répandus en Champagne, et dont M. Lemaire offrait des spécimens à l'Exposition, sont, comme on l'imagine, incommodes et fatigants; aussi ce constructeur a-t-il cherché à appliquer le levier aux machines champenoises et il est arrivé, à l'aide d'un dispositif qu'il a exposé, à produire une excellente machine à boucher les vins mousseux.

Ce système s'applique à un tube du genre conique et peut s'établir d'une manière analogue sur un tube à trois coulisseaux, ces deux genres de tubes appartiennent au domaine public et ont, l'un et l'autre, leurs partisans en Champagne.

Machine à agrafer et à capsuler pour vins mousseux. — Nous comprenons dans cette catégorie les machines servant, soit à fixer le bouchon solidement pour qu'il résiste à la pression des liquides gazeux, soit à revêtir le bouchon d'une enveloppe métallique qui assure l'herméticité du bouchage ou prévient les contrefaçons.

L'agrafage des vins mousseux et des boissons gazeuses a été l'objet de nombreuses recherches qui ont donné naissance à des types de machines aussi variés qu'il y a de systèmes d'agrafe.

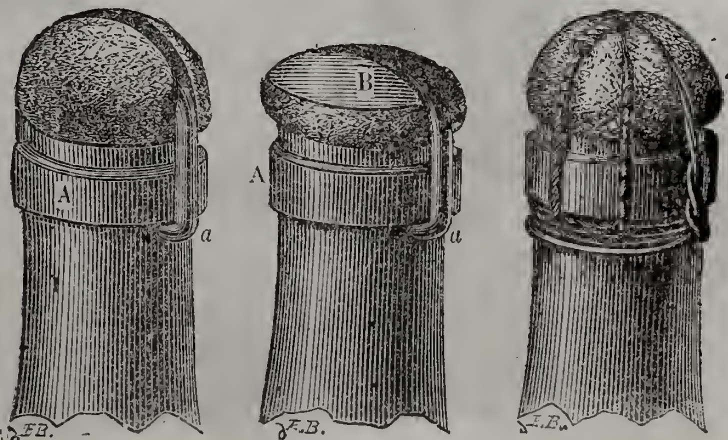


Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30.
Agrafage et capsulage des vins mousseux.

Les deux systèmes d'agrafage les plus répandus en Champagne sont : l'agrafage simple (fig. 28) et l'agrafage d'expédition (fig. 29), dus à Delagrange; ensuite, viennent les moyens très-variés de ficelage des bouchons, soit à la ficelle, soit au fil de fer, soit avec combinaison de ficelle et de fil de fer



Fig. 31. — Machine à agrafer, de M. Lemaire.

(fig. 30), mais qui se font presque entièrement à la main et ne nécessitent pas de machines intéressantes.

L'agrafage Delagrange est un simple morceau de fil de fer à section méplate ou demi-cylindrique, replié quatre fois, à angle droit, de manière à présenter deux crochets *a*, fig. 29 et 30, passant sous le cordon A de la bouteille.

Dans l'agrafage simple, l'agrafe pénètre dans le liége, mais dans l'agrafage pour l'expédition, on place sous l'agrafe une petite calotte B en fer blanc estampé portant le nom de l'expéditeur, ou vernie d'une couleur quelconque.

Machine à agrafer de M. Lemaire. — Ce système d'agrafage se fait en Champagne à l'aide de la machine de M. Lemaire et C[ie] dont nous donnons, page 568, fig. 31, une vue d'ensemble. La machine est montée sur une table A à laquelle est boulonné le support ou col de cygne en fonte M, qui porte les organes supérieurs. Deux bloquets en bois B *b* sont disposés pour recevoir alternativement, l'un, les bouteilles, et le second, les chopines préalablement bouchées sur une machine destinée à cet effet. Ils sont fixés sur une armature en fonte retenue par l'écrou à main C. La figure représente le bloquet à bouteilles B en position de service. Pour y mettre celui à chopines, l'écrou C doit être desserré. Il suffit alors, pour dégager un goujon implanté dans la traverse E, de soulever un peu l'armature et de la faire tourner avec les deux bloquets d'un quart de tour à droite. Près de chaque bloquet se trouve une petite vis qui traverse l'armature et s'appuie sur la traverse E. Elle sert à régler la hauteur des bloquets d'après la hauteur moyenne des bouteilles, ce qui évite les démontages successifs.

Le levier F est à la portée de la main droite de l'ouvrier, qui doit être assis devant la machine. En abaissant le levier, il fait tourner l'excentrique à galet D. Le galet est enveloppé par la cage G, reliée à la traverse E par deux tiges verticales, de manière qu'il soulève la cage, les bloquets et la bouteille. Cette disposition est remarquable d'abord parce que le galet supprime le frottement, mais surtout parce que le bras de levier de la résistance diminue à mesure que le galet s'élève, c'est-à-dire en même temps qu'augmente la résistance due à la compression du bouchon dans la matrice demi-sphérique située sous le col de cygne.

Deux pinces I, articulées sur la tige H reliée aux bloquets, participent au mouvement vertical de la bouteille dont elles doivent maintenir le col entre leurs parties antérieures. A cet effet, elles sont ouvertes au repos et elles se rapprochent en montant, parce que leurs extrémités postérieures glissent dans les rainures inclinées pratiquées dans la plaque L fixée à une règle verticale pouvant glisser dans des guides. Elle est d'abord immobile en vertu de son poids, mais lorsque les pinces arrivent à toucher la bouteille, elles ne peuvent se rapprocher davantage, et elles soulèvent la plaque L pendant la fin de la montée; les pinces s'appliquent ainsi exactement sur le col des bouteilles ou des chopines, sans distinction de grosseurs, et les maintiennent parfaitement.

La pièce supérieure O O′ est munie d'une poignée qu'on peut abaisser avec la main gauche quand la bouteille est montée, elle porte en dessous deux mâchoires R poussées l'une vers l'autre par un petit ressort dissimulé et qui se trouve ainsi à l'abri de toutes causes de dérangement, tandis que les mâchoires sont maintenues de manière à éviter toute dislocation. On introduit l'agrafe entre elles en la faisant glisser de bas en haut dans des creux inclinés dans la direction des lignes ponctuées *m*, et on la pousse jusqu'à ce qu'elle rencontre le champ cannelé d'une lame qui fait saillie sous la tête du col de cygne. La tige H est surmontée d'une tête en forme de T, sous laquelle deux taquets sont fixés au porte-mâchoires (un seul est visible sur la figure parce qu'il cache l'autre) dans le but de maintenir ces mâchoires immobiles. Mais lorsqu'on fait monter

la bouteille, la tête de la tige monte aussi. Le porte-mâchoires étant rendu libre, on le fait basculer en abaissant la poignée. Les mâchoires participant à son mouvement, entraînent l'agrafe dans la position qu'elle doit occuper sur la bouteille, de même que, suivant aussi ce mouvement, les taquets se relèvent, mais moins que la tête de T de la tige. On laisse alors redescendre la bouteille.

Au commencement du mouvement descendant, la tête de T ne touche pas les taquets, mais elle les rencontre bientôt pour ramener le porte-mâchoires et les mâchoires à leur position initiale; ce retour des mâchoires ne commence que quand la bouteille est un peu descendue, pour permettre à l'agrafe de se fixer auparavant sous la bague, afin que les mâchoires ne la ramènent pas avec elles en revenant à leur première position.

Pour accélérer l'agrafage, M. Lemaire s'est imaginé de charger la poignée supérieure d'un poids P, représenté par terre auprès de la machine sur la gravure, il supprime ainsi le mouvement de la main gauche sur cette poignée. Pour obtenir cet effet, le porte-mâchoires est d'abord empêché de basculer par un crochet de déclanchement fixé dans l'arcade du col de cygne; quand la bouteille monte, la tête de la tige H montant aussi, rencontre ce crochet vers la fin de sa course et le soulève. Le porte-mâchoires n'étant plus retenu est alors entraîné par le poids, puis rappelé à sa position initiale par la tête de T de la tige H quand elle redescend. Toute la machine fonctionne ainsi avec le seul secours du levier F et de la main droite, et avec une rapidité qui produit l'agrafage de six mille bouteilles par jour.

Machines diverses pour la manutention des vins mousseux. — Nous terminerons ce chapitre en disant quelques mots des machines très-intéressantes inventées et exposées par M. Tricout. Ces machines servent à remplir, à transvaser, à doser les vins mousseux, et, contrairement aux différents systèmes en usage qui fonctionnent à l'air libre, elles opèrent en maintenant les liquides à leur pression et en évitant le contact de l'air. Les liquides ne sont contenus que dans des appareils en argent ou en cristal pour éviter l'oxydation et dont les surfaces polies ne peuvent donner lieu à aucun dépôt. Les robinets sont formés de deux disques en cristal et en argent glissant facilement l'un sur l'autre et évitent le graissage qui communique un mauvais goût au liquide.

La machine à tirer, sans flotteur ni contre-poids, se compose d'un bassin fermé dans lequel le liquide arrive par un tuyau muni d'une soupape, et d'une série de siphons pour le tirage en bouteilles. Le bassin est monté sur un châssis à pivot qui lui permet de basculer lorsque son poids augmente, ce qui fait fermer la soupape d'arrivée; cette disposition évite le flotteur de presque toutes les machines de ce genre et donne à l'appareil une extrême sensibilité, car la soupape est formée de deux disques sur lesquels la pression agit en sens contraire pour les équilibrer et permet son fonctionnement à la moindre variation dans le poids du bassin. Enfin, nous devons citer un perfectionnement très-important qui évite d'amorcer les siphons après un arrêt dans le travail; ce résultat est obtenu par un petit clapet en cristal logé dans chaque siphon et soulevé par le courant du liquide lorsque celui-ci passe dans la bouteille; mais lorsque le courant cesse après l'emplissage, ce clapet retombe par son poids et ferme l'entrée du siphon.

Machines à capsuler, pour vins ordinaires, liquides et conserves. — Ces machines étaient assez nombreuses à l'Exposition, nous avons remarqué celles de MM. Salomon Touchais, Dupré et Mégret.

Les appareils de M. Salomon Touchais ressemblent aux machines à boucher. On place sur un bloquet une bouteille bouchée recouverte de la capsule qu'il

s'agit de fixer; celle-ci est en fer blanc et formée d'une calotte avec pattes verticales portant une sorte de collier qui doit être serré sous le cordon de la bouteille. En abaissant un levier, une matrice demi-sphérique vient presser la calotte sur le bouchon, puis deux pinces mues par des plans inclinés serrent sur le goulot, au-dessous du cordon, le collier qui est en deux parties, dont l'une est percée de deux fentes où viennent s'introduire les deux pattes amincies de l'autre. A l'aide d'une pince on rebrousse ces pattes qui agrafent ainsi les deux parties du collier et rendent la capsule solidaire à la bouteille. Ce capsulage peut être employé dans le bouchage des vins mousseux, en raison de sa grande solidité.

Tire-bouchon mécanique de M. Bouché. — Cet appareil n'est pas, à proprement dire, un tire-bouchon, mais un instrument destiné à attirer sans secousses et lentement un tire-bouchons vissé dans le bouchon de bouteille.

Nous donnons fig. 32 le dessin d'un tire-bouchon mécanique très-simple, destiné à l'usage domestique. M. Perille en fait un appareil coquet en le fabriquant en acier poli ou en acier nickelé. L'examen seul de la figure ci-contre en fait comprendre le fonctionnement.

On commence par remonter l'écrou à oreilles A jusqu'au haut de la partie filetée B, puis on place l'appareil sur le goulot de la bouteille de manière à ce que la collerette D porte sur le verre, et on tourne la poignée C jusqu'à ce que la partie en hélice E se soit complétement enfoncée dans le liége. Alors, tournant l'écrou A dans le sens convenable, il s'appuie sur la douille fixe G et soulève peu à peu le filet de vis B qui entraîne le bouchon entre les deux montants H I. Les avantages de ce petit appareil sont de retirer le bouchon sans secousses et sans toucher à la bouteille.

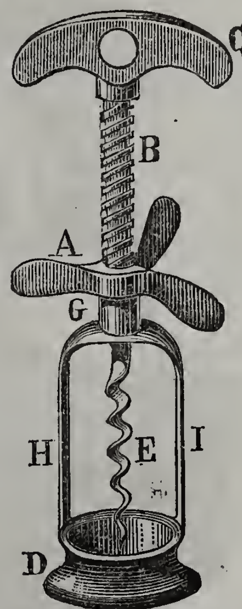


Fig. 32. — Tire-bouchon mécanique de M. Perille.

Machines à rincer les bouteilles. — La plus intéressante des machines de cette catégorie est celle de M. Sénéchal. Elle imprime à la bouteille un double mouvement de rotation, l'un sur son axe et l'autre autour d'un axe commun à toutes les bouteilles montées sur la machine.

La machine se compose d'un bâti A fig. 33 supportant un arbre horizontal B terminé par une manivelle C. Cet arbre est formé de deux bandes de fer plat, entre lesquelles sont logées des roues dentées dont les axes possèdent à chaque extrémité des petits plateaux *a a b b c c d d* destinés à recevoir les bouteilles, et qui portent chacun deux montants sur lesquels peuvent coulisser des traverses *e e f f g g h h* dont on règle la hauteur par des vis de pression. Ces traverses ont un ressort muni en son milieu d'une rondelle de métal garnie de caoutchouc, de manière à former un bouchage assez parfait en reposant sur le goulot de la bouteille; au centre de cette rondelle est un piton où sont attachées des chaînettes à rincer. On place la bouteille avec de l'eau sur le plateau, entre les deux montants, en y introduisant les chaînettes, puis on descend sur le goulot la traverse dont le ressort forme le bouchage. On peut placer ainsi six ou douze bouteilles sur la machine, suivant sa grandeur. Tournant la manivelle G, on imprime, au moyen d'une chaîne Vaucanson passant sur les roues, un mouvement de rotation à toutes les bouteilles à la fois; la manivelle C sert alors à changer leur position et à les placer verticalement pour le nettoyage du fond, horizontalement pour le nettoyage des côtés, et verticalement, le goulot en bas, pour le nettoyage du goulot. En combinant ensemble les mouvements

des deux manivelles, on nettoie facilement sept cents bouteilles à l'heure avec le modèle dont nous reproduisons le dessin.

Les traverses de bouchage ne doivent être déplacées que lorsqu'on change la grandeur des bouteilles, car M. Sénéchal a appliqué à sa machine un moyen très-simple qui permet de placer et de retirer très-facilement les bouteilles de même calibre variant de un à deux centimètres dans leur hauteur; il consiste en un petit plan incliné disposé sous chacun des plateaux *a a b b*, etc., et servant à leur imprimer une course de trois centimètres aidant au dégagement de la bouteille, ou à comprimer le ressort de bouchage lors de la mise en place sur l'appareil.

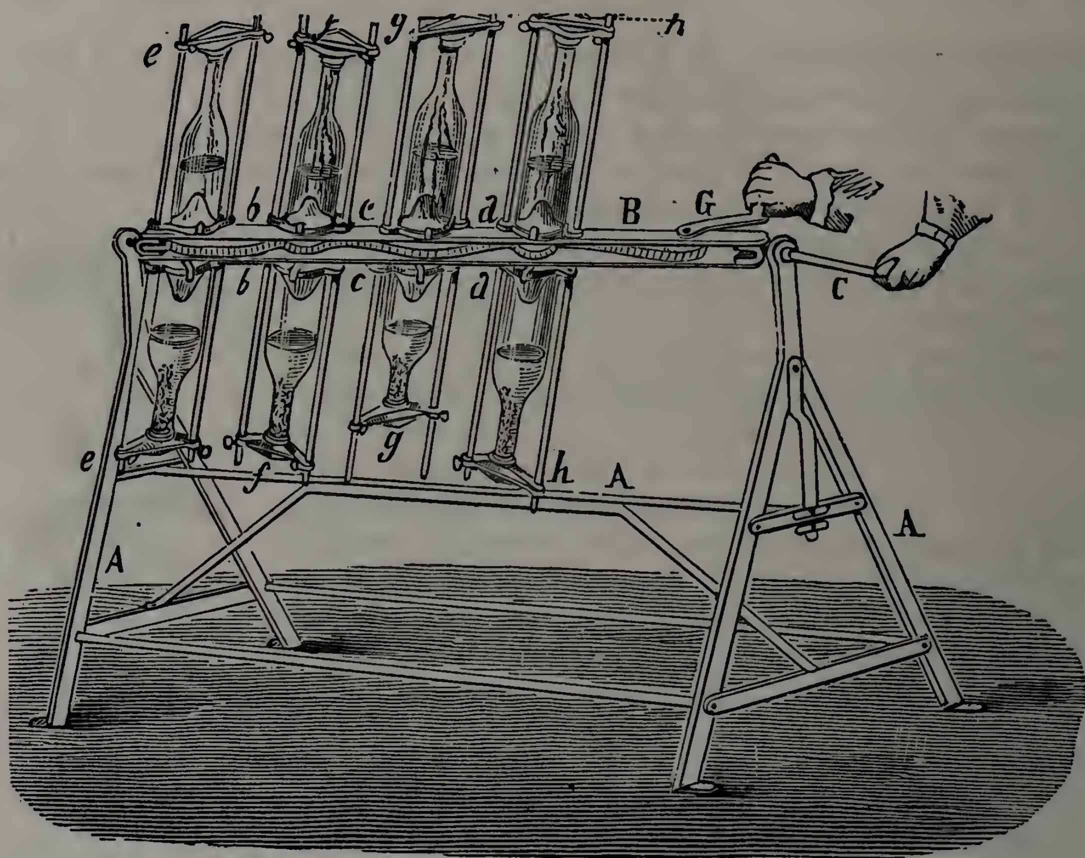


Fig. 33. — Machine à rincer les bouteilles de M. Sénéchal.

Un petit appareil du même genre, mais plus spécialement destiné à l'usage domestique, consiste à placer la bouteille avec de l'eau sur une table ordinaire; on y introduit la brosse dont les soies sont fixées sur des lames de ressort qui s'écartent dans la bouteille et en épousent les contours; puis, de la main gauche, on maintient sur le goulot le bouchon à douille servant de support à la vis et, de l'autre main, on imprime le mouvement à l'écrou du drille qui fait tourner la brosse.

Un autre système se compose d'un petit support en bronze que l'on fixe par une vis de pression au bord d'un baquet plein d'eau. Une manivelle transmet, par une roue d'angle et un pignon, un mouvement de rotation rapide à deux brosses doubles, l'une que l'on introduit dans la bouteille et qui s'écarte pour en nettoyer l'intérieur et l'autre qui reste en-dehors pour nettoyer l'extérieur en même temps. Tout l'appareil est un peu incliné, de telle sorte que le rinçage s'opère dans l'eau du baquet; il est entièrement construit en bronze afin d'éviter l'oxydation et de lui assurer une longue durée.

G. Bardin.

IMPRIMERIE

NOTE SUR L'IMPRIMERIE NATIONALE

Par M. A. Hervé.

I. — Notice historique.

Avant de passer en revue les différents ouvrages exposés, il convient de faire connaître en peu de mots les origines de ce grand établissement typographique.

M. Duprat et M. Auguste Bernard ont écrit chacun une histoire de l'Imprimerie du Gouvernement. Le premier, qui en fait remonter la fondation officielle à Louis XIII, en 1640, a recueilli les décrets, lois, arrêtés qui ont constitué cette administration importante; l'ensemble de ces lois réfute péremptoirement les attaques dirigées à différentes époques contre cet établissement unique au monde. M. Bernard prouve que cette création doit être attribuée à François Ier.

Dès son avénement au trône (1er janvier 1515), ce prince s'entoura de savants auxquels il confia les plus honorables charges et dont il fit ses conseillers habituels.

En 1519, il fit venir à Paris, pour y enseigner l'hébreu et l'arabe, le fameux Augustin Giustiniani, qui avait publié en 1516, à Gênes, alors sous la domination française, un psautier polyglotte; et, en 1530, il fonda le Collège Royal aujourd'hui Collège de France, en instituant des chaires de latin, de grec et d'hébreu.

Mais, il ne suffisait pas d'avoir des chaires; il fallait des livres imprimés dans ces langues. Afin d'encourager ce genre d'impressions qui était encore fort négligé, François Ier, qui avait déjà nommé Geoffroy Tory et Olivier Maillard imprimeurs du roi, en nomma deux nouveaux : l'un pour le grec, Conrad Néobar (17 janvier 1538); l'autre pour l'hébreu et le latin : Robert Estienne (24 juin 1539).

Non content de s'être attaché un imprimeur spécial pour la langue d'Homère, le Roi voulut avoir des caractères grecs particuliers, et il donna ordre d'en faire graver trois *corps* complets, de la forme la plus gracieuse, empruntée aux plus beaux manuscrits qu'on pourrait se procurer dans la bibliothèque.

Conrad Néobar étant mort dans les premiers mois de 1540, Robert Estienne hérita de son titre et fut chargé de faire graver les caractères grecs.

Claude Garamond en exécuta la gravure.

Denis Janot fut nommé imprimeur royal pour la langue française par lettres patentes du 12 avril 1543.

En 1551, Robert Ballard, libraire, eut le même privilège pour imprimer la musique.

Henri II donna le titre d'imprimeur du roi pour le grec à Adrien Turnèbe, en 1552.

A partir de cette époque, la typographie grecque du Roi se trouva complète.

François Savary de Brèves, ambassadeur de France à Constantinople, sous les rois Henri III et Henri IV, fit graver dans cette ville, d'après les plus beaux manuscrits qu'il avait pu se procurer, des caractères arabes, persans et syriaques.

Rappelé en France vers la fin du règne de Henri IV, il fut nommé par Louis XIII ambassadeur à Rome; en 1613, il y publia le catéchisme du cardinal Bellarmin, chez Étienne Paulin; et, l'année suivante, un psautier arabe avec traduction latine.

Il revint de nouveau à Paris, vers la fin de l'année 1614, amenant avec lui l'imprimeur Étienne Paulin et deux Maronites érudits : Gabriel Scionita et Jean Hesronita, par les soins desquels furent imprimés avec les caractères arabes de M. de Brèves les *Articles du Traité de paix conclu en l'année 1604 entre Henri le Grand, roy de France et de Navarre, et le sultan Amat* (Paris, Etienne Paulin, rue des Carmes, au collège des Lombards, 1615, petit in-4° de 148 pag.).

Etienne Paulin ayant quitté la France pour retourner à Rome, ce fut Jérôme Blageart qui imprima la grammaire arabe de Scionita et d'Hesronita, au collège des Lombards, avec la suscription : *Ex typographia Savariana*, en 1616.

Son successeur, Antoine Vitré, imprima en 1625, aux frais de Scionita, un psautier syriaque et latin, à l'usage des chrétiens du Levant; et, en 1630, la grammaire turque de Du Ryer, ancien vice-consul de France en Égypte.

Après la mort de Savary de Brèves, ses héritiers mirent en vente les caractères orientaux, en 1632, avec le reste de la succession; les Anglais et les Hollandais, qui en connaissaient la valeur, les marchandaient déjà et étaient sur le point de les obtenir, lorsque le cardinal de Richelieu commanda audit Vitré, de la part du roi Louis XIII, de s'en rendre adjudicataire à quelque prix que ce fût, lorsqu'on les exposerait en vente en l'inventaire dudit M. de Brèves, et lui fit défendre expressément de dire à personne qu'il les achetait pour le Roi, à cause qu'on les avait voulu vendre si chèrement autrefois que Sa Majesté avait témoigné les vouloir acheter pour les joindre à ses beaux poinçons grecs de la façon de Garamond qui se trouvaient à cette époque à la Chambre des comptes.

Après s'être rendu acquéreur desdits caractères pour la somme de quatre mille trois cents livres seulement, y compris un certain nombre de volumes, le Roi, par une ordonnance, datée de Saint-Germain-en-Laye, le 6 mai 1632, lui accorda six mille livres; la différence devant être employée à la gravure des caractères éthiopiens et arméniens qui fut confiée à Jacques de Sanlecque. Les poinçons arméniens seuls furent gravés.

Aussitôt que Vitré fut devenu acquéreur, au nom du Roi, des caractères de M. de Brèves, on chercha à les utiliser; il se forma pour cela une société typographique composée de dix-huit personnes, placée sous le patronage du cardinal de Richelieu (1).

(1) La typographie orientale de Paris, qui imprimait surtout les bréviaires et autres livres d'église, fut placée sous la direction du cardinal de Richelieu, auquel le roi Louis XIII accorda le droit de faire choix « de tels libraires et imprimeurs qu'il jugera « capables, pendant l'espace de trente années, à condition que lesdits libraires, au nom- « bre de dix-huit, imprimeront en même temps les nouveaux testaments, les caté- « chismes et les *grammaires* en langues orientales et en donneront *gratuitement* certain « nombre qui sera envoyé aux missionnaires d'Orient pour distribuer à ceux qu'ils « désireraient instruire dans la religion, à quoi lesdits libraires se sont engagés, etc. »

Ces dix-huit libraires étaient :

1° Claude Chapellet,	7° Sébastien Chapellet,	13° Guillaume le Bé,
2° Michel Sonnins,	8° Claude Cramoisy,	14° Étienne Richer,
3° Robert Fouet,	9° Claude Sonnins,	15° Eustache Foucault,
4° Jean Sonnins,	10° Gabriel Cramoisy,	16° Veuve Mejat,
5° Sébastien Cramoisy,	11° Charles Morel,	17° Denys de la Noue,
6° Antoine Vitray ou Vitré,	12° Veuve Nicolas Buon,	18° Veuve de Varennes.

Il est singulier que les éditeurs qui auparavant avaient imprimé de l'arabe ne soient pas entrés dans cette société (Note d'Auguste Bernard : *Histoire des types orientaux*).

Cette société publia, en 1633, un dictionnaire arménien intitulé : *Dictionarium armeno-latinum*, par François Rivola de Milan, in-4°, imprimé par Antoine Vitré; cet imprimeur publia aussi la Bible polyglotte de Le Jay, en hébreu, samaritain, chaldéen, grec, syriaque, latin et arabe, 9 vol., grand in-folio : — Le Jay fit graver pour cet ouvrage les caractères samaritains que son fils donna plus tard à la bibliothèque du Roi, d'où ils passèrent ensuite à l'imprimerie royale fondée et installée au Louvre par Louis XIII, en 1640, sur la proposition du cardinal de Richelieu.

A la mort de Vitré, en 1674, les poinçons des caractères de Savary de Brèves passèrent à la Bibliothèque du Roi, qui reçut également les poinçons et les matrices des caractères gravés par Le Jay, d'où ils sortirent, en 1691, pour être remis à l'Imprimerie royale.

Le fonds de l'Imprimerie royale en caractères étrangers ne comprenait donc encore que les caractères arabes, le persan et le syriaque de M. de Brèves, l'arménien gravé par ordre du Roi, et le samaritain de Le Jay, à quoi nous pouvons ajouter les grecs gravés par Garamond, qui y furent apportés vers le même temps.

A ses débuts, l'Imprimerie royale se servit pour les textes courants des caractères *romains* du commerce pris sur la proposition de Jean Anisson, nommé directeur. En 1691, Louis XIV ordonna la gravure d'une série complète de caractères romains et italiques particuliers, sous la direction d'une commission de savants.

Par un marché, en date du 13 juin 1694, signé par M. de Ponchartrain, Philippe Grandjean, graveur du Roi, fut chargé de l'exécution de nouveaux types, sous la direction de la commission académique et de Jean Anisson; il s'adjoignit Jean Alexandre, son élève qui lui succéda en 1723, en vertu d'un brevet délivré par le roi Louis XV, le 23 août de la même année.

Plus tard, Louis Luce, gendre d'Alexandre, qui lui succéda en 1740, exécuta dans le même style deux autres corps de caractères, qui par leurs dimensions opposées (la *perle* et le *gros canon*) (1), formèrent comme l'*alpha* et l'*omega* de la typographie de Louis XIV. C'est à cette typographie que furent ajoutés, sur l'ordre même du roi, les signes dont une partie distingue encore aujourd'hui les caractères de l'Imprimerie nationale de ceux des imprimeurs du commerce, auxquels il est formellement interdit de les imiter. (Ordonnance royale du 28 décembre 1814, art. 9). Ces signes consistaient dans le doublement du délié supérieur des lettres *b d h i j k l*; cette dernière lettre était en outre flanquée, comme on le voit dans le tableau ci-après, d'un trait latéral qui formait une des marques les plus apparentes des caractères de Louis XIV. C'est la marque en usage encore aujourd'hui.

Les vingt et un corps dont se compose cette riche typographie ne furent terminés qu'en 1745.

Sous Louis XV, l'Imprimerie royale s'enrichit de plusieurs nouveaux caractères et particulièrement de quatre corps d'hébreu et d'un caractère chinois gravé sur bois sous la direction de M. de Fourmont.

Pendant ce règne et sous celui de Louis XVI, des progrès sensibles se manifestèrent dans les éditions sorties des presses de l'Imprimerie royale. Les textes étaient plus corrects, la typographie plus élégante et plus pure. Parmi les éditions royales du Louvre, les savants et les amateurs distinguaient les *Ordonnances des rois de France*, *l'Histoire de l'Académie royale des inscriptions et belles Lettres*, l'*Histoire* et les *Mémoires de l'Académie des sciences*, ainsi qu'un

(1) Aujourd'hui le 4 points et le 24 points. (Le point est environ la 25e partie d'un centimètre).

très grand nombre d'ouvrages de science et de littérature, qui tous témoignaient d'un progrès remarquable dans le développement de l'art de l'imprimerie en France.

Pendant la période révolutionnaire, nous ne trouvons rien de remarquable comme publications; les notices publiées à différentes époques postérieures restent muettes à cet égard, et constatent que l'Imprimerie Nationale, pendant ces quelques années, a été exclusivement administrative.

Le général Bonaparte pensa à l'Imprimerie Nationale; et, pour l'enrichir, il fit enlever de l'*Imprimerie de la Propagande* à Rome une série de poinçons étrangers à laquelle il joignit plus tard, en 1810, celle de l'*Imprimerie des Médicis* de Florence, ce qui composa une collection unique de poinçons arabes, barmans, coptes, éthiopiens, malabares, persans, samaritains, syriaques et tibétains.

Cette précieuse collection augmenta ainsi le catalogue des types étrangers de l'Imprimerie Nationale, et prit une place distinguée à côté des autres caractères dont nous avons déjà parlé.

L'Imprimerie du Gouvernement offrait pour Napoléon, devenu empereur, des ressources considérables. Il voulut qu'elles fussent utilisées, augmentées et perfectionnées. En 1811, il la dota d'une typographie nouvelle qu'il avait fait exécuter par le célèbre Didot, après avoir définitivement organisé cet établissement par le décret du 24 mars 1809, comme Imprimerie de l'État, exclusivement chargée de toutes les impressions des divers départements du ministère du service de la maison impériale, du conseil d'État et de l'impression du *Bulletin des lois* (1). Poursuivant l'idée qu'il avait conçue dès la campagne d'Italie, et que les ruines d'Égypte avaient développée, il rendit un décret le 22 mars 1813, en vertu duquel des élèves furent entretenus à l'Imprimerie Impériale pour y être instruits dans la manipulation typographique des caractères orientaux. Il ordonna en même temps l'impression annuelle d'ouvrages en langues orientales avec le texte français en regard, sous l'inspection du savant orientaliste Silvestre de Sacy.

On a depuis trouvé les moyens de reproduire, par des impressions en or et en couleur, les dessins si riches et si variés qui décorent les manuscrits orientaux. Déjà, en 1830, un album de ce genre avait été publié; mais ce n'était encore que le prélude, en quelque sorte, de ce que l'Imprimerie Nationale a fait depuis d'une manière beaucoup plus complète : la *Collection orientale*, qui réunit en ornements arabes, indiens, etc., tout ce que son titre comporte de luxe et de magnificence, et peut être citée comme une des plus belles œuvres typographiques.

Un certain nombre d'exemplaires de cette collection ont été tirés en or et en couleur, ils sont de la plus grande beauté; ils le disputent aux plus beaux manuscrits, par l'élégance des encadrements et des titres, la perfection des dessins, vignettes et fleurons, dont la plupart sont dus au crayon de Chenavard, et plus tard à celui de son élève Clerget.

Citer tous les ouvrages remarquables qui ont été édités depuis cette époque serait un travail beaucoup trop long et qui dépasserait le cadre de cette notice : nous nous contenterons de dire quelques mots des deux publications principales destinées aux expositions de 1855, de 1862 et de 1867.

L'*Imitation de Jésus-Christ* et les *Évangiles*.

L'*Imitation* a dépassé par le luxe tout ce que l'on peut imaginer de plus magnifique en typographie et l'on a remarqué avec admiration et comme un tour de force en fait d'impression que le titre a été fait en vingt-huit tirages, (vingt-huit couleurs ou teintes différentes). Le frontispice du même ouvrage

(1) Cette publication au début était imprimée en plusieurs langues.

qui n'a été terminé que deux ans plus tard a été imprimé en cent dix-sept tirages (1).

Les traits des personnages ont été à eux seuls l'objet de plusieurs tirages. Ce travail magnifique a été tiré sur les presses à bras, sans qu'aucune couleur ait empiété sur l'autre.

Ce splendide volume in-folio, illustré au courant du texte, des plus belles miniatures et des plus beaux dessins, fut tiré seulement à cent exemplaires, dont trente seulement ont été vendus *deux mille francs* chacun. Ils valent aujourd'hui beaucoup plus.

Pour les *Évangiles*, on a laissé tout à fait de côté la luxueuse ornementation de l'*Imitation*, pour ne tirer l'ouvrage qu'en noir ; mais la valeur artistique en est tout aussi grande. Quatre compositions représentant chacune un évangéliste ont été reproduites d'après les dessins originaux d'artistes en renom, et chaque évangile est précédé d'une magnifique gravure sur bois tirée en même temps que le texte et dont les croquis inédits ont été fournis par M. Lehmann, aujourd'hui membre de l'Académie des Beaux-arts ; il y a en outre une grande quantité de culs de lampe, ornements, etc.

L'Imprimerie Nationale, dans chacune de ces expositions, a obtenu une grande médaille; dans celle de 1878, l'Imprimerie nationale a été mise hors concours, mais elle a reçu néanmoins un *diplôme d'honneur* équivalant à une grande médaille.

Plusieurs de ses collaborateurs ont été récompensés de leurs travaux par des *diplômes de médaille d'argent*, de *médaille de bronze*, *mentions*, etc. A la fin de cet article, nous passerons en revue les principaux documents sortis des presses de l'Imprimerie nationale de 1867 à 1878.

II. — Liste chronologique des Directeurs de l'Imprimerie Nationale depuis Louis XIII jusqu'à nos jours.

Cramoisy (Sébastien II)	1640-1669
Mabre-Cramoisy (Sébastien III) petit-fils du précédent	1669-1687
Mme Mabre-Cramoisy, veuve du précédent	1687-1691
Anisson (Jean II)	1691-1707
Rigaud (Claude) beau-frère de Jean	1707-1723
Anisson (Louis-Laurent) adjoint du précédent	1723-1735
Anisson (Jacques-Louis-Laurent) fils puîné du précédent	1735-1760
Anisson (Louis-Laurent) fils du précédent	1760-1789
Anisson-Duperron (Étienne-Alexandre-Jean) fils du précédent	1789-1794
Duboy-Laverne (Philippe-Daniel)	1794-1802
Marcel (Jean-Joseph)	1802-1814
Anisson-Duperron (Alexandre-Jacques-Laurent)	1814-1823
Michaud (Louis-Gabriel)	1823-1824
De Villebois (Étienne-Marie-Louis)	1824-1830
Vieillard *dit* Duverger (Eugène) Commissaire provisoire	1830-1831
Lebrun (Pierre) (2)	1831-1848
Desenne	1848-1850
Peauger	1850
Vernoy de Saint-Georges	1850-1861
Anselme Petetin	1861-1870
Hauréau	1870

(1) Ce frontispice n'a été tiré qu'à un très petit nombre d'exemplaires, et n'a été terminé qu'en 1857 ; il ne se trouve guère que dans quelques exemplaires offerts aux souverains étrangers.

(2) La direction de l'Imprimerie Nationale avait d'abord été offerte à Béranger, notre poëte national, qui s'en désista en faveur de son ami Lebrun.

III. — L'Imprimerie Nationale dans son état actuel.

L'Imprimerie Nationale est placée sous l'autorité supérieure du Garde des Sceaux, Ministre de la justice qui en nomme les chefs, excepté le directeur et l'agent-comptable, nommés par le chef de l'État. Cette situation lui a été faite par un décret impérial de 1809, toujours en vigueur (Voy. notice historique).

L'Imprimerie du Gouvernement, dont l'idée première peut être attribuée à Francois Ier, fondée par Louis XIII, en 1640, réorganisée en l'an II de la République française, confirmée par un décret du 24 mars 1809 et par une ordonnance royale du 23 juillet 1823, est chargée de la publication du *Bulletin des lois*, des ouvrages d'instruction publique, de science et d'art exécutés aux frais de l'État et du service des impressions des ministères et des administrations générales qui en dépendent. Elle entretient, en conformité d'un décret du 22 mars 1813 (déjà cité), une typographie orientale. Elle n'exécute pour le compte des particuliers que des ouvrages exigeant l'emploi de caractères qui ne se trouvent pas dans le commerce.

Installé à l'origine dans les galeries du Louvre, et ensuite à l'hôtel Penthièvre, cet établissement occupe, depuis 1808, l'ancien Palais Cardinal, rue Vieille-du-Temple, n° 87, agrandi, par des acquisitions successives.

Voici quelle est l'organisation actuelle de l'Imprimerie Nationale :

1° Un Directeur, nommé par le chef de l'État; c'est le chef supérieur de l'établissement;

2° Un sous-directeur, nommé par le Ministre, ayant dans ses attributions la centralisation, la direction et la surveillance des services; la correspondance générale, le personnel, les tarifs, les impressions gratuites, les archives et la bibliothèque; enfin, la distribution des ouvrages formant le fonds de l'Imprimerie Nationale;

3° Un chef des travaux typographiques chargé de l'exécution des commandes en ce qui concerne les travaux de fonderie, de typographie, de lithographie et de la surveillance du cabinet des poinçons;

4° Un chef du bulletin des lois, des travaux accessoires et des expéditions, chargé de l'exécution des commandes de brochage, de reliure, de dorure, de l'expédition des bulletins des lois, de cassation, des journaux à souche et de tous les ouvrages formant le fonds de l'Imprimerie Nationale;

5° Un chef de la comptabilité chargé de la tenue des livres, du sommier du personnel et des pensions, de la confection des mémoires d'impression, de la préparation des comptes et des budgets, des ordonnances de fonds et de payement;

6° Un agent-comptable chargé de la comptabilité en matières et en deniers, de la conservation du matériel, du payement des dépenses; des recettes du montant des mémoires d'impressions et produits divers; des comptes annuels en matières et en deniers;

7° Un chef de contrôle chargé de la vérification et du contrôle de toutes les dépenses et de toutes les pièces de comptabilité;

8° Un chef du service intérieur de l'établissement chargé de la surveillance des travaux ou réparations aux bâtiments de l'hôtel et des bureaux, de la préparation et de l'exécution des adjudications, marchés et approvisionnements, etc.

Le directeur, le sous-directeur, et les six chefs du service que nous venons d'énumérer, forment le conseil d'administration de l'Imprimerie Nationale. Ce conseil délibère sur le budget, sur les dépenses, marchés, achats et généralement sur tous les objets intéressant l'administration que le directeur croit

devoir proposer à son examen; ce conseil n'est que consultatif, et ses délibérations sont soumises à l'approbation du Garde des Sceaux.

Tous les membres du conseil dirigent chacun une partie de cette armée de travailleurs; ils ont sous leurs ordres une centaine d'employés tels que : correcteurs de première, de deuxième et de troisième classes, un inspecteur et un correcteur de la typographie orientale; des sous-chefs, des protes, des sous-protes et contremaîtres des ateliers de composition, de presses, etc., un chef de la lithographie, un chef de la forge chargé de l'entretien des bâtiments, un garde-magasin des papiers, un chef d'atelier de fonderie; le personnel des employés des bureaux : vérificateurs et rédacteurs des mémoires, commis et d'ordre et commis principaux, teneur du livre des commandes, commis et expéditionnaires; un préposé à la réserve, des préposés aux livraisons, aux achats d'objets divers, et un chirurgien-médecin chargé des constatations de maladie.

L'Imprimerie Nationale possède une caisse particulière pour les pensions de retraite sur laquelle on prélève également les secours donnés en cas de maladie aux ouvriers et aux ouvrières.

Cet établissement a pour mission d'imprimer les impressions payées sur les fonds généraux du trésor.

Ces divers travaux font d'elle une grande usine au travail incessant, mais ne font pas sa gloire. La grande et belle réputation dont elle jouit à juste titre lui est acquise par les excellentes éditions et les chefs-d'œuvre typographiques sortis de ses presses, par la pureté et la correction du texte des ouvrages de haute érudition qu'y font imprimer les membres des cinq académies de l'Institut et autres savants, après avoir obtenu toutefois l'autorisation du Gouvernement, nécessaire à tout auteur, même s'il paye l'impression.

Quant à ceux qui briguent la faveur d'être imprimés aux frais de l'État, leur ouvrage manuscrit doit être présenté à l'examen préalable d'une commission spéciale composée de membres de l'Institut et présidée par le directeur de l'Imprimerie Nationale représentant le Garde des Sceaux, et cette commission, après une lecture sérieuse et attentive, accorde ou refuse la gratuité, qui parfois n'est même que de la moitié des frais.

Ajoutons comme détail que lorsqu'un ouvrage est admis, on en fait le devis approximatif, et si la somme fixée est, par hasard, dépassée du fait de l'auteur, le surplus reste à sa charge. Les élus ne sont pas nombreux; pourtant, il y a toujours en cours d'exécution une grande quantité d'ouvrages de science, de de haute littérature et d'érudition, qu'on nomme *labeurs* et auxquels un atelier spécial et considérable est consacré sous la dénomination d'*atelier oriental*, qui lui a été donnée parce qu'il compte dans son personnel les habiles ouvriers capables de composer les langues orientales.

Plus de cent compositeurs y travaillent tous les jours, et composent, outre le français et les autres langues européennes vivantes, du latin, du grec, de l'arabe, etc., etc.

Indépendamment des caractères romains et italiques (1) des langues d'origine

(1) Nous croyons devoir publier ici les caractères romains et italiques gravés depuis Louis XIV jusqu'à nos jours pour l'Imprimerie Nationale, ils sont désignés par le nom du graveur :

Grandjean (Alexandre)	1693
Luce	1740
Firmin Didot	1811
Jacquemin	1818
Marcellin Legrand	1825
— (nouvelle gravure),	1847

latine, et des nombreux corps d'un même caractère qui sont fondus de forces différentes, l'Imprimerie Nationale possède les caractères étrangers suivants, par la combinaison desquels elle peut imprimer de soixante et dix à quatre-vingts langues différentes et qu'elle est libéralement autorisée à prêter aux imprimeurs du commerce qui en font la demande :

Allemand (1),
Anglo-saxon,
Arabe coufique,
Arabe karmatique,
Arabe maghrébin,
Arabe neskhy,
Arménien,
Barman,
Bougui,
Cambodgien,
Canara,
Chinois,
Copte memphitique,
Copte thébain,
Cypriote,
Estranghélo,
Éthiopien,
Étrusque,
Géorgien ecclésiastique,
Géorgien vulgaire,
Gothique,
Grec d'inscription,
— (époque attique),
— (époque héllénique),
— (époque romaine),
Grec avec ligatures,
Guzarati,
Hébreu,
Hiéroglyphes,
Himyarite,
Japonais,
Javanais,
Latin d'inscription,
Latin forme gothique,
Libyque,
Magadha,
Mandchou,
Nestorien,
Ninivite,
Palmyrénien,
Pa-sse-pa,
Persépolitain,
Phénicien,
Rabbinique,
Runique.
Russe,
Sabéen,
Samaritain,
Sanscrit,
Siamois
Singhalais,
Slavon,
Syriaque,
Tamachek,
Tamoul,
Télougou,
Tibétain,
Zend.

Mais il ne suffit pas de posséder tous ces types différents; il faut aussi avoir un personnel supérieur capable de corriger les textes de tous ces ouvrages. Dix-huit correcteurs de différentes classes se partagent cette besogne difficile.

L'orthographe suivie rigoureusement à l'Imprimerie Nationale est celle du dictionnaire de l'Académie (édition de 1878). Les auteurs, quels que soient leurs motifs, ne peuvent exiger des correcteurs qu'ils fassent la moindre infraction à cette règle, ce qui amène quelquefois des polémiques intéressantes entre l'auteur et le correcteur.

Malgré le nombre respectable de correcteurs, il est des circonstances où ils peuvent à peine suffire à la besogne, car les grands ateliers, où se font les travaux administratifs de tous les ministères, fournissent des travaux incessants qui arrivent quelquefois par centaines de feuilles à la correction. Un seul exemple peut donner une idée de ces immenses travaux, c'est le *Budget*, qui est voté chaque année par les Chambres. Il se compose annuellement de plus de cent cinquante feuilles in-4°, ce qui ne l'empêche pas d'être composé en totalité avant tout tirage et en peu de temps, et il peut aller jusqu'à *deux cents*, sans que le reste du service en souffre. Or, l'établissement possible et simultané de deux cents feuilles procure certainement de grandes économies en permettant des réimpositions faciles, opérations typographiques qu'on ne pourrait exécuter si les impressions de tous les ministères n'étaient pas centralisées à l'Imprimerie Nationale.

Deux cent-dix compositeurs sont continuellement occupés dans les vastes ateliers des impressions administratives. Ils expédient avec une grande célérité les travaux qu'envoient chaque jour tous les ministères, dont le plus fertile en commandes est celui des Finances, à cause des grands services qui en dépendent : douanes, contributions indirectes, domaines, tabacs, etc. Le nouveau ministère

(1) L'allemand, le grec et le russe existent chez divers imprimeurs; il n'y a donc pas lieu de les prêter habituellement comme on le fait pour les autres caractères.

des postes et télégraphes contribue aussi pour une grande part aux commandes journalières; puis viennent la Guerre, la Marine, l'Instruction publique, etc.

De même qu'on l'a déjà fait dans une notice traitant d'une manière supérieure sur la même matière en 1874, nous croyons devoir redresser ici l'erreur d'un certain nombre de personnes qui se figurent que l'Imprimerie Nationale édite le *Journal officiel*. Cette publication a toujours eu son imprimerie particulière.

L'imprimerie nationale est encore l'un des rares établissements où l'on emploie un certain nombre de presses à bras sur lesquelles on tire les impressions à petit nombre et le plus souvent les travaux de luxe, ouvrages à vignettes, en un mot, tout ce que nous avons désigné plus haut sous le nom général de *labeurs*.

Mais concuremment aux presses à bras, quarante-deux presses mécaniques exécutent sans relâche les travaux courants.

Une fois l'impression terminée, le papier est soumis à d'autres mains-d'œuvre complémentaires ; de là, un grand nombre d'ouvriers et d'ouvrières répartis dans de grands ateliers pour exécuter le séchage, le satinage, le pliage, le brochage, la réglure, la rognure, la reliure, la dorure, etc. Les femmes dans la plupart de ces ateliers sont plus nombreuses que les hommes; il y en a d'autres occupées dans les ateliers de presses mécaniques, de glaçage et de fonderie ; le nombre total des ouvrières est d'environ quatre cents.

A l'Imprimerie Nationale les impressions sont si considérables que l'étendage ordinaire ne pouvant suffire pour le séchage des papiers, on a inventé une machine qui fait passer les feuilles imprimées entre deux toiles passant sur des cylindres métalliques remplis d'air chaud.

La lithographie a été établie dans cet établissement en 1841 et depuis cette époque elle y a reçu une extension et des perfectionnements considérables, tels que l'autographie, la chromo-lithographie, la photographie, la photoglyptie, etc.

Des artistes habiles (dessinateurs, graveurs et écrivains) sont employés dans cet atelier et des imprimeurs spéciaux tirent sur douze presses les nombreuses commandes confiées à cette partie du service.

L'Imprimerie Nationale possède aussi une fonderie installée dans de nouveaux bâtiments; ses fourneaux alimentés par le gaz fondent sans aucune interruption les caractères, vignettes, clichés, etc., nécessaires pour la création, l'entretien et le renouvellement de sa typographie.

L'atelier de fonderie a une grande importance, puisque c'est de là que sortent toutes les belles fontes qui contribuent puissamment au mérite incontestable des éditions de l'Imprimerie Nationale.

On peut ajouter qu'en général elle se suffit à elle-même, à part le papier et les encres, car elle fabrique même jusqu'à ses rouleaux d'impression.

Citons aussi l'atelier de *réserve*, où, comme son nom l'indique, des milliers de formes sont conservées par ordre des différents ministères : les unes sur pied, le plus grand nombre sur des ais, et les plus vétilleuses enveloppées avec soin page par page ; c'est par millions qu'il faut compter ces richesses entassées si nécessaires pour assurer les services publics au jour le jour.

Complétons ces détails par quelques chiffres sur l'immense quantité de papier employée pour les diverses impressions jounalières. On pourra se faire par là une idée de l'énorme besogne accomplie. Le tirage est en moyenne de *mille* rames par jour, soit en défalquant les dimanches et les fêtes 300,000 rames par an. La rame étant de 500 feuilles nous trouvons 500,000 feuilles par jour et 150,000,000 de feuilles par an (1).

(1) On verra plus loin par les chiffres officiels que nous avons arrondi le total, car notre appréciation serait de 28,000 rames en plus que pour les quantités tirées en 1877.

Quant au personnel dont le labeur quotidien arrive à cette gigantesque production, il est d'environ douze cents travailleurs, tant employés qu'ouvriers et ouvrières.

IV. — Documents statistiques complémentaires.

Le matériel de l'Imprimerie Nationale représentait, au dernier inventaire décennal (1873), une valeur estimative de 5,557,615 francs. Les types de caractères possédés par l'Établissement représentent 288 corps différents, dont 153 corps français et 135 corps étrangers.

Le nombre des poinçons de frappe en état d'usage est de 280,327 ; celui des matrices, de 69,121. Les caractères de tous corps en service forment un poids total de 1,220,139 kilogrammes, d'une valeur approximative de 4,023,073 francs.

L'outillage des ateliers comprend : 37 presses mécaniques typographiques de divers types et de divers formats ; 1 presse mécanique rotative, à tirage continu sur papier sans fin ; 3 presses mécaniques typographiques à deux tirages simultanés ; 84 presses typographiques à bras, de divers systèmes et de divers formats ; 6 presses à glacer ; 29 presses lithographiques à bras ou mécaniques ; 2 presses en taille-douce ; 46 machines ou presses pour le coupage et le rognage des papiers et cartons ; 6 presses de clicherie pour le séchage des flans ; 9 presses hydrauliques et machines mues par la vapeur pour le glaçage, le satinage et le brochage ; 2 presses à balancier pour la dorure ; 3 machines diverses pour le perforage des papiers ; 4 machines à air chaud (système Périn) pour le séchage des papiers ; 20 machines à régler ; 4 fourneaux de construction pour la fonderie ; 9 machines pour la fonte des caractères ; 15 creusets pour la fonte à la main ;

Divers appareils de photoglyptie et de photographie ; 2 machines à vapeur à balancier et à condensation, d'une force nominale de 20 chevaux ; 1 machine verticale à condensation, de 4 chevaux ; 1 machine demi-fixe, à foyer amovible, de la force de 12 chevaux.

Le budget des dépenses de l'Établissement s'est élevé pour 1878, à 6,107,000 fr.

L'État ne fournit aucune subvention à l'Imprimerie Nationale. Chaque service public lui paye les impressions exécutées pour son compte, d'après un tarif révisé tous les ans et arrêté par un décret du Président de la République. Les prix de ce tarif sont établis sans pensée de bénéfices, de manière à couvrir seulement le montant des dépenses. Les excédants de recettes constatés par les liquidations annuelles sont versés au Trésor.

L'Imprimerie Nationale a employé en 1877, 272,464 rames de papier, représentant un poids de 2,452,176 kilogrammes et une valeur de 3,090,253 francs. En vue de l'Exposition universelle de 1878, il n'a été imprimé qu'une édition des *Œuvres complètes de Molière,* revue sur les textes originaux par M. Adolphe Regnier, membre de l'Institut, et exécutée sans aucun emprunt aux arts qui ne sont pas la typographie proprement dite. La correction des textes, la pureté des caractères, le choix du papier, la netteté et l'uniformité du tirage ont seuls été l'objet de ses soins.

A côté de cette édition, l'Imprimerie Nationale, ne voulant point remettre sous les yeux du public des travaux présentés déjà aux Expositions antérieures, n'a placé que des impressions exécutées depuis 1867 :

Ouvrages de haute érudition ;

Textes étrangers et orientaux ;

Documents administratifs.

Elle a complété son exposition par quelques planches de reproductions photoglyptiques ; par deux formes de caractères assyriens et hiéroglyphiques représentant : la première, un contrat de vente de l'an 555 avant J.-C., et la seconde

une stèle (des collections du Louvre) datant du XXXI[e] siècle avant notre ère; enfin par des spécimens des types étrangers de l'Établissement et le plus spécialement des seize types ajoutés aux collections de l'Imprimerie Nationale depuis 1867.

V. Les vitrines de l'Imprimerie Nationale à l'Exposition de 1878.

L'Imprimerie Nationale n'a pas eu, à notre point de vue, l'emplacement qui convenait à un établissement gouvernemental d'une aussi haute importance; il en a été de même pour les flans de la Monnaie qui avaient été relégués, dans la même salle.

Les chefs-d'œuvre typographiques et monétaires auraient été, à notre avis, plus à leur place dans la galerie d'honneur à côté des richesses accumulées dans cette partie de l'Exposition.

Nous allons passer rapidement en revue les différents ouvrages exposés.

In-folio. — Les volumes de la collection des *Historiens arméniens, grecs* et *orientaux* sont des in-folio compacts tirés sur papier vergé et d'un type sévère, les textes sont en tête et la traduction latine ou française en dessous; il y a de nombreuses notes et variantes, et des *manchettes* facilitent les recherches. Inutile d'ajouter que ces documents précieux ne voient généralement le jour qu'au bout de longues années.

Parmi les autres in-folio nous citerons seulement un album curieux publié par le Ministère de l'agriculture et du commerce sous la direction de M. G. Heuzé, et contenant un grand nombre de cartes de France teintées de différentes couleurs qui font connaître toutes les richesses productives de notre beau pays; chaque carte ne représente qu'une ou deux productions au plus.

In-quarto. — Les in-quarto sont beaucoup plus nombreux car le format, plus maniable, a souvent la préférence sur le précédent, même pour les ouvrages de haute littérature.

Les publications de la Préfectures de la Seine relatives au *vieux Paris*, tiennent une des plus belles places; ces volumes sont tirés sur un papier d'une très belle qualité, les vignettes dans le texte sont très nombreuses et de belles chromolitographies rappelant les enluminures du moyen âge complètent l'ensemble de ces documents.

Viennent ensuite les travaux numismatiques de M. Heiss : *Monnaies des rois Wisigoths* et *Monnaies antiques de l'Espagne;* ces deux ouvrages contiennent des figures de monnaies dans le texte, et quelques planches en photoglyptie représentant surtout des médailles.

Citons dans un autre ordre d'idée les *Mémoires de l'Académie des inscriptions et belles-lettres*, les *Notices des manuscrits*, publiés par l'Institut, ainsi que les *Mémoires de l'Académie des sciences*; les *Documents inédits sur l'Histoire de France*, collection publiée par le Ministère de l'Instruction publique.

Tous ces travaux font partie de collections uniformes, d'une beauté sévère qui rappelle les anciennes éditions.

Les ouvrages sigillographiques de M. Demay sont très curieux pour nous au point de vue typographique, surtout par l'emploi de caractères spéciaux servant à reproduire les légendes des sceaux, et au point de vue artistique par la reproduction à l'aide de la photographie des sceaux les plus intéressants et surtout les mieux conservés. Les sceaux de Flandre, d'Artois et de Picardie sont déjà publiés; ceux de Normandie sont sous presse.

Un ouvrage très remarquable sur le *Typhus exanthématique et pétéchial des Arabes*, observé en Algérie attire également l'attention des visiteurs; les dia-

gnostics de chaque cas ainsi que les observations recueillies sur une série de différents malades sont présentés d'une manière très habile.

Citons encore les *Œuvres de Borghesi*, volumes publiés par M. Léon Renier.

Le *Dictionnaire archéologique de la Gaule*, dans lequel on a été obligé d'introduire une série de signes conventionnels, représentant les haches de silex, les épées de bronze, les dolmens, etc., trouvés dans les fouilles plus ou moins récentes.

Les papyrus du Louvre (papyrus Abott) représenté fidèlement par des fac-simile, et accompagné d'un texte explicatif dû à M. Maspéro.

Les *Catalogues des manuscrits de la Bibliothèque Nationale* publiés par les soins de M. Zotenberg : ces catalogues contiennent d'intéressantes citations liturgiques; on a déjà publié les parties éthiopienne, hébraïque, syriaque, sabéenne. Le catalogue des manuscrits arabes est sous presse.

Nous ne nous arrêterons pas aux documents administratifs tels que les *Tableaux du cabotage, du commerce*, la *statistique de la France*, etc.

In-octavo. — Les volumes de ce format sont les plus nombreux; aussi tous les genres de publications y sont représentés ; le *Pantchatantra*, traduit du sanscrit par M. Ed. Lancereau ; les *Principes de l'harmonie* de M. Marchand remarquables par l'exécution correcte des nombreux clichés musicaux intercalés dans le texte; la *Kabylie et* les *coutumes kabyles*, série de quatre volumes, dus à MM. Letourneux et Hanoteau ; les traités religieux de *Bérakhott*, les *Sentences du Talmud*, représentent les ouvrages contenant de l'hébreu. Ceux qui contiennent de l'arabe sont plus nombreux : nous citerons parmi ceux-ci le *Droit musulman*, les *Prairies d'or*, les *Voyages d'Ibn Batoutah*, les *Colliers d'or* de Macoudi, le *Dictionnaire turc-oriental*, *El-Kitab* de Sibawaihi (grammaire arabe); nous y trouvons aussi plusieurs ouvrages en langue grecque, *Denys de Bysance* (le Bosphore de Thrace) par M. Wescher; *Macarios Magnès* publié par feu M. Blondel et terminé par M. Foucart, le dernier volume d'*Oribase*. Parmi les autres genres, nous trouvons la *Grammaire comparée des langues indo-européennes*, publiée d'après celle de F. Bopp, par M. Bréal, membre de l'Institut; la *Grammaire mexicaine*, publiée par M. Siméon; le curieux volume de M. Deloche sur la *Trustis* et l'*Antrustion royal*; les deux premiers volumes de l'*Histoire d'Annibal*, par le commandant Hennebert, les travaux de législation, tels que la *Faillite d'après le Droit romain*; *le Code d'instruction criminelle autrichien* ; les *Études de viticulture* de feu le docteur Guyot; les *Œuvres complètes* de Verdet, tirées avec beaucoup de perfection sur les presses mécaniques, bien qu'elles contiennent de nombreuses figures imprimées en blanc sur fond noir au milieu du texte qui contient aussi un très grand nombre de formules algébriques ; la collection des *Primes d'honneur*, ornée de vignettes dans le texte, etc., etc.

In-seize. — Citons pour finir, les quelques ouvrages édités dans ces petits formats. Le *Dictionnaire arabe-français* et *français-arabe* de M. Cherbonneau, le *Dictionnaire* d'archéologie égyptienne de M. Pierret; l'édition petit format du *Livre des rois* (traduction seule), pieux hommage rendu par M[me] veuve Mohl à la mémoire de l'illustre orientaliste, mort avant l'achèvement de son œuvre, et enfin les *Prières des Falachas*, texte éthiopien revu par M. J. Halévy.

Cette collection contenait 332 vol., dont 164 reliés ou cartonnés et 168 brochés.

Ci-après nous donnons un spécimen des divers caractères étrangers de l'Imprimerie Nationale ainsi qu'un tableau comparatif des caractères romains et italiques, depuis 1640 jusqu'à nos jours.

Hervé.

ARABE.

إِنَّ أَرْضَ مِصْرَ مِنَ ٱلْبِلَادِ

ARABE D'AFRIQUE.

حَدَّثَ الحارِثُ بْنُ هَمَّامٍ قالَ لَمَّا اقتعدتُّ غارِبَ الإغْتِرابِ ، وأَنْأَتْنِي المَتْرَبَةُ عن الأَتْرابِ ،

ARABE KARMATIQUE.

الم الله لا اله الا هو الحي القيوم نزل عليك الكتاب بالحق مصدقا لما

ARABE KOUFIQUE.

الم الله لا اله الا هو الحي القيوم نزل عليك الكتاب

ARMÉNIEN.

Քրիստոսի Ճշմարիտ սիրողացդ և դաւանողացդ սրբոյ երրորդու

BARMAN.

ကလျာဏိမေဝမုဉ္စေယျာတိ ။ ကလျာဏိမေဝမုဉ္စေယျ အစရှိသော ။

BOUGUI.

[illegible]

CAMBODGIEN.

នេះ បន្ទូលបញ្ញើលកាំកាំ ពុទ្ធ ន្ទុទបុគ្គិ ពាទាន្ត ស្យូ នពិភា

CANARA.

ಪರಲೋಕದಲ್ಲಿ ಯಿರುವ ನಂಮ ತಂದೆಯೇ, ನಿಂಮ ಹೆಸರಿಗೆ ಪೂಜೆ ಆಗಲಿ, ನಿಂಮ ರಾಜ್ಯ ಬರಲಿ,

CHINOIS.

○天命之謂性率性之謂

COPTE MEMPHITIQUE.

Ⲛϩⲣⲏⲓ ϧⲉⲛ ⲡⲓⲁⲃⲟⲧ ⲙ̀ⲙⲁϩⲏ̅ ⲛ̀ⲧⲉϯⲣⲟⲙⲡⲓ ⲙ̀ⲙⲁϩⲃ̅ϯ ϩⲓ

COPTE THÉBAIN.

ⲠⲚⲞⲨⲦⲈ ⲠⲈⲒⲰⲦ ⲞⲨⲀⲄⲀⲐⲞⲤ ⲠⲈ. ⲒⲤ̅ ⲠⲈⲬⲤ̅ ⲠϪⲞⲈⲒⲤ ⲠⲈ ⲀⲨⲰ

CYPRIOTE

[illegible]

ESTRANGHÉLO.

ܒܪܫܝܬ ܐܝܬܘܗܝ ܗܘܐ ܡܠܬܐ· ܘܗܘ ܡܠܬܐ ܐܝܬܘܗܝ

ÉTHIOPIEN.

በስመ ፡ እግዚአብሔር ፡ ሥሉስ ፡ በኢተሌልዮ ። ዋሕድ ፡ በአ

ÉTRUSQUE.

ϮM · ƎMAHIOJƎꟻ · HϮVAJꟼ↓AꟻƎMA · VVǂƎꟼAJ · AHHAϮ · ϮAJVƎ

GÉORGIEN VULGAIRE.

აქა მირისა-ცვან, თავისის ჯაროთ, არამიასსას მოსვლა :· ქ:·

GÉORGIEN ECCLÉSIASTIQUE.

[illegible]

GREC ANCIENNE GRAVURE.

Ἐπειδὴ πᾶσαν πόλιν ὁρῶμεν κοινωνίαν τινὰ οὖσαν,

GREC NOUVELLE GRAVURE.

Περσέων μέν νυν οἱ λόγιοι Φοίνικας αἰτίους φασὶ γενέσθαι

GREC D'INSCRIPTION.

ΚΑΤΑΔΕΕΜΙΣΘΩΣΑΝΑΙΞΩΝΕΙΣΤΗΝΦΙΛΑΕΙΔΑΑΥΤΟΚΛΕΙ

GREC D'INSCRIPTION.

Π̄ΛΙΚΙΝΙΟϹΠ̄Ȳ ΑΙΜ̄ΠΡЄΙϹΚΟϹΙΟΥΟΥЄΝΤΙΑΝΟϹΑΡΧΙ

GUZARATI.

શેપાશ . ૧ . શેતાબિ શ . બેશુમાર . પાક . પરવરદેગારનાં . ૭ .

HÉBREU.

וּבַחֻרִים וּזְקֵנִים יַחְדָּו וְהָפַכְתִּי אֶבְלָם לְשָׂשׂוֹן וְנִחַמְתִּים וְשִׂמַּחְתִּים

HÉBREU RABBINIQUE.

אבינו שבשמים יתקדש שמך יבא מלכותך יעשה רצונך בארץ כאשר בשמים ותן לנו היום לחם חוקינו

HIÉROGLYPHES.

HIMYARITE.

JAPONAIS.

JAVANAIS.

MAGADHA.

MANDCHOU.

MŒSO-GOTHIQUE.

𐌰𐌽𐌰𐍃𐍄𐍉𐌳𐌴𐌹𐌽𐍃 𐌰𐌹𐍅𐌰𐌲𐌲𐌴𐌻𐌾𐍉𐌽𐍃 𐌹̈𐌴𐍃𐌿𐌹̈𐍃 𐍇𐍂𐌹

NESTORIEN.

NINIVITE.

PALMYRÉNIEN.

PERSÉPOLITAIN.

PHÉNICIEN.

SABÉEN.

SAMARITAIN.

SANSCRIT.

चक्रवाकः पृच्छति कथमेतत् । राजा कथयति । अहं पुरा शूद्रकस्य

SIAMOIS.

๏ ยัง มี ทารก สอง คน ซื่อ อยู่ คน หนึ่ง แย้ม คน หนึ่ง อยู่ มา

SINGHALAIS.

බල්සසර් රජුගේ ආන්ඩු වේ තුන්වෙනි අවුරුද්දේදී පලමුවෙන් මට පෙනුනු

SYRIAQUE.

ܒܪܫܝܬ ܐܝܬܘܗܝ ܗܘܐ ܡܠܬܐ. ܘܗܘ ܡܠܬܐ ܐܝܬܘܗܝ ܗܘܐ

TAMACHECK.

⁝Ͻ|:ǁ·:|Ǝ:⊓/ǁ⋊⁝⁞|+·田|⁝Ͻ·:|+:⊓|/ǁ.!.|.!.|○⋊⁞|○·:/|≷≷+:

TAMOUL.

கற்புடைநிலைமை - பொற்பொளிமலையே வெற்பினிறையாம்.

TÉLOUGOU.

ఏరు దాటి మెట్లకేగిన పురుషుడు చెప్పులోని రాయి, చెవులోని జోరిగ,

TIBÉTAIN.

༄༅། །དགེ་སློང་དག་དེ་ལ་ཆོས་ཀྱི་རྣམ་གྲངས་ཤིན་ཏུ་རྒྱས་པ་ཆེན་པོའི་མདོ་རྒྱ་ཆེར་

ZEND.

[illegible]

MARQUES DIVERSES DE L'IMPRIMERIE NATIONALE.



1804 à 1814.



1814 à 1830.



1848 à 1851. — 1870.



1830 à 1848.



1852.

TABLEAU COMPARATIF DES CARACTÈRES ROMAINS ET ITALIQUES EMPLOYÉS PAR L'IMPRIMERIE NATIONALE,

DEPUIS 1640 JUSQU'À NOS JOURS.

GARAMOND 1640.		GRANDJEAN ET ALEXANDRE. 1693.		LUCE. 1740.		FIRMIN DIDOT. 1811.		JACQUEMIN. 1818.		MARCELLIN LEGRAND. 1825.		MARCELLIN LEGRAND. 1847.	
ROMAIN.	ITALIQUE.	ROMAIN.	ITALIQUE.	ROMAIN.	ITALIQUE.	ROMAIN.	ITALIQUE.	ROMAIN.	ITALIQUE.	ROMAIN.	ITALIQUE.	ROMAIN.	ITALIQUE.
A a	*A a*	A a	*A a*	A a	*A a*	A a	*A a*	A a	*A a*	A a	*A a*	A a	*A a*
B b	*B b*	B b	*B b*	B b	*B b*	B b	*B b*	B b	*B b*	B b	*B b*	B b	*B b*
C c	*C c*	C c	*C c*	C c	*C c*	C c	*C c*	C c	*C c*	C c	*C c*	C c	*C c*
D d	*D d*	D d	*D d*	D d	*D d*	D d	*D d*	D d	*D d*	D d	*D d*	D d	*D d*
E e	*E e*	E e	*E e*	E e	*E e*	E e	*E e*	E e	*E e*	E e	*E e*	E e	*E e*
F f	*F f*	F f	*F f*	F f	*F f*	F f	*F f*	F f	*F f*	F f	*F f*	F f	*F f*
G g	*G g*	G g	*G g*	G g	*G g*	G g	*G g*	G g	*G g*	G g	*G g*	G g	*G g*
H h	*H h*	H h	*H h*	H h	*H h*	H h	*H h*	H h	*H h*	H h	*H h*	H h	*H h*
I i	*I i*	I i	*I i*	I i	*I i*	I i	*I i*	I i	*I i*	I i	*I i*	I i	*I i*
″ j	″ *j*	J j	*J j*	J j	*J j*	J j	*J j*	J j	*J j*	J j	*J j*	J j	*J j*
K k	*K k*	K k	*K k*	K k	*K k*	K k	*K k*	K k	*K k*	K k	*K k*	K k	*K k*
L l	*L l*	L l	*L l*	L l	*L l*	L l	*L l*	L l	*L l*	L l	*L l*	L l	*L l*
M m	*M m*	M m	*M m*	M m	*M m*	M m	*M m*	M m	*M m*	M m	*M m*	M m	*M m*
N n	*N n*	N n	*N n*	N n	*N n*	N n	*N n*	N n	*N n*	N n	*N n*	N n	*N n*
O o	*O o*	O o	*O o*	O o	*O o*	O o	*O o*	O o	*O o*	O o	*O o*	O o	*O o*
P p	*P p*	P p	*P p*	P p	*P p*	P p	*P p*	P p	*P p*	P p	*P p*	P p	*P p*
Q q	*Q q*	Q q	*Q q*	Q q	*Q q*	Q q	*Q q*	Q q	*Q q*	Q q	*Q q*	Q q	*Q q*
R r	*R r*	R r	*R r*	R r	*R r*	R r	*R r*	R r	*R r*	R r	*R r*	R r	*R r*
S s ſ	*S s ſ*	S s ſ	*S s ſ*	S s	*S s ſ*	S s	*S s ſ*	S s	*S s*	S s	*S s*	S s	*S s*
T t	*T t*	T t	*T t*	T t	*T t*	T t	*T t*	T t	*T t*	T t	*T t*	T t	*T t*
″ u	″ *u*	U u	*U u*	U u	*U u*	U u	*U u*	U u	*U u*	U u	*U u*	U u	*U u*
V v	*V v*	V v	*V v*	V v	*V v v*	V v	*V v v*	V v	*V v v*	V v	*V v*	V v	*V v*
X x	*X x*	X x	*X x*	X x	*X x*	X x	*X x*	X x	*X x*	X x	*X x*	X x	*X x*
Y y	*Y y*	Y y	*Y y*	Y y	*Y y*	Y y	*Y y*	Y y	*Y y*	Y y	*Y y*	Y y	*Y y*
Z z	*Z z*	Z z	*Z z*	Z z	*Z z*	Z z	*Z z*	Z z	*Z z*	Z z	*Z z*	Z z	*Z z*

IMPRIMERIE

NOTE SOMMAIRE

SUR LES MACHINES A COMPOSER ET SUR LES MACHINES A IMPRIMER

PAR M. E. LACROIX

Le temps nous a manqué pour faire une étude approfondie sur ce sujet. Nous ne parlerons donc que des plus récentes innovations, et nous renverrons nos lecteurs à l'article très complet, publié dans nos *Études sur l'Exposition de* 1867.

Au point de vue de la composition, on n'a rien découvert de nouveau depuis longtemps. Les machines à composer d'origine française ou étrangère, très intéressantes à étudier, obtiendront toujours un succès de curiosité; mais elles ne rendront jamais de grands services malgré leur clavier automatique, car la question difficile n'a pas été résolue : la *justification mécanique* n'a pu être encore obtenue. Il en résulte que s'il y a d'un côté économie de temps, il y a de l'autre dépense de mécanisme, et toujours au bout l'inévitable main-d'œuvre de l'ouvrier, qui vient comme le *Deus ex machinâ* pour terminer le travail inachevé.

Bien que certains imprimeurs aient essayé de se servir de ces machines, notamment l'imprimerie de l'*Agence Havas,* rien ne remplace la composition manuelle exécutée par des mains habiles. Le travail du compositeur ne se borne pas à réunir des lettres pour former ensuite des mots qui passent du *composteur* dans la *galée*, il faut encore que son éducation première le guide à tout instant dans ses travaux. Les mains-d'œuvre sont multiples : les ouvrages dits *de ville* nécessitent l'emploi du *couteau,* de la *lime*, du *marteau*, etc., et l'adresse et la dextérité sont presque aussi indispensables que l'intelligence pour l'ouvrier compositeur.

Celle de ces machines qui parait approcher davantage du desiderata cherché est celle de M. Kastenbein. Le principal inconvénient qu'elle présente comme les autres machines de ce genre, c'est qu'il arrive souvent que les lettres appelées s'enchevêtrent dans les canaux qui doivent les amener sur le composteur, ce qui donne un temps d'arrêt dans le travail. La machine à distribuer du même système est imparfaite, la distribution à la main est plus rapide.

Brevetée en 1876, cette machine repose sur le même principe que celle de M. Delcambre qui l'a précédée, mais elle nous semble préférable. Elle est employée à Londres au *Times* et à Paris à l'Agence Havas. Le clavier contient quatre rangées de touches en gradins qui rendent le travail facile. Le plan incliné à 45 degrés est remplacé par un plan vertical, et la lettre, arrivée au conduit aboutissant au justificateur devant les yeux du compositeur, est poussée au fur et à mesure par un petit taquet ayant un mouvement de va-et-vient continu. Tout en étant plus commode à faire fonctionner, cette machine tient moins de place que celle de M. Delcambre. De plus, l'adoption du plan à rainures verticales donne plus de rapidité, parce que la lettre tombe plus vite, ayant moins de frottement dans sa descente et une course moins longue à fournir. On peut composer, d'après l'inventeur, de 6000 à 7000 lettres à l'heure à deux per-

sonnes, cependant après en avoir fait personnellement l'expérience, nous avons dû renoncer à son emploi.

L'impression proprement dite a été plus heureuse en découvertes que la composition, et les inventeurs de machines, qui se succèdent, sont loin d'avoir dit leur dernier mot. Cette branche de la typographie se divise en trois grandes sections ; 1° impression typographique ; 2° impression lithographique ; 3° impression en taille-douce.

La presse de lord Stanhope tend à disparaître de jour en jour, et, à part l'Imprimerie Nationale et l'imprimerie Didot, on n'en emploie presque plus. Dans différentes imprimeries, on en garde cependant une qui ne sert guère qu'à faire les *premières épreuves* de texte ou de clichés. C'est un tort, à notre avis, d'abandonner complétement ce bon outil sur lequel on tirait de belles éditions de luxe avec beaucoup de netteté.

Les applications des machines à pédale ont pris, dans ces dernières années, un développement considérable.

N'occupant qu'un espace restreint, d'un fonctionnement facile, d'un prix modique, ces machines se prêtent mieux que les autres aux travaux de ville : circulaires, prix-courants, lettres de faire-part, factures, cartes de visite et d'adresse, etc., etc.; enfin aux mille travaux d'impression nécessités par les besoins journaliers du commerce et de l'industrie.

Parfaitement étudiées dans leurs dispositions mécaniques, mais établies pour la plupart, par des constructeurs étrangers à l'imprimerie, ces machines pèchent souvent par les principes mêmes des machines à imprimer : la pression, la distribution et la touche.

Depuis quelques années, deux machines de petite dimension, l'une à platine verticale dite *Minerve*, l'autre à mouvement rotatif, ont eu beaucoup de succès. On en trouve chez l'imprimeur en chambre aussi bien que dans la grande manufacture. Elles ne tirent autant dire que la *carte de visite*, la *tête de lettre* et le *billet de faire part*. Ces deux machines fonctionnent soit à l'aide de pédales, soit par une transmission. Nous voici arrivés à la question capitale, c'est-à-dire à l'impression à l'aide des presses mécaniques.

Une nouvelle machine *Le Soleil* (de fabrique anglaise) venue après l'Exposition de 1878 mérite d'être signalée. Nous en donnons fig. 1 le croquis.

D'une grande solidité et d'une exécution parfaite, elle réunit certainement les qualités à rechercher dans une machine de ce genre.

Le marbre est fixe, fondu d'un seul bloc avec le bâtis de la machine. — La platine, parfaitement nervée, avance bien parallèlement contre la forme et dans des conditions qui écartent la possibilité même d'un papillotage. — La distribution d'encre, si primitive dans les presses à pédale, est ici aussi complète que dans la plupart des grandes machines à imprimer. Cette distribution s'opère continuellement, tandis que partout ailleurs elle n'est qu'intermittente.

Cette machine, dont tous les mouvements sont parfaitement équilibrés, est très douce à faire fonctionner.

Le prix de ces machines varie de 1,600 à 2,600 fr. et les dimensions intérieures du châssis sont $0^{m},23$ sur $0^{m},35$ à $0^{m},32$ sur $0^{m},48$.

Un obstacle à l'usage de ces machines est évidemment leur prix trop élevé ; nous pensons que des constructeurs français pourraient livrer des machines analogues tout aussi perfectionnées avec 15 à 20 % de réduction, et l'usage en deviendrait alors universel.

Empruntons les quelques fragments qui vont suivre à l'excellent livre de M. Monet : *Les machines et appareils typographiques*, qui est entièrement d'actualité, puisqu'il a vu le jour en 1878.

« Si, dit-il, l'on considère les machines, les outils, les appareils et procédés

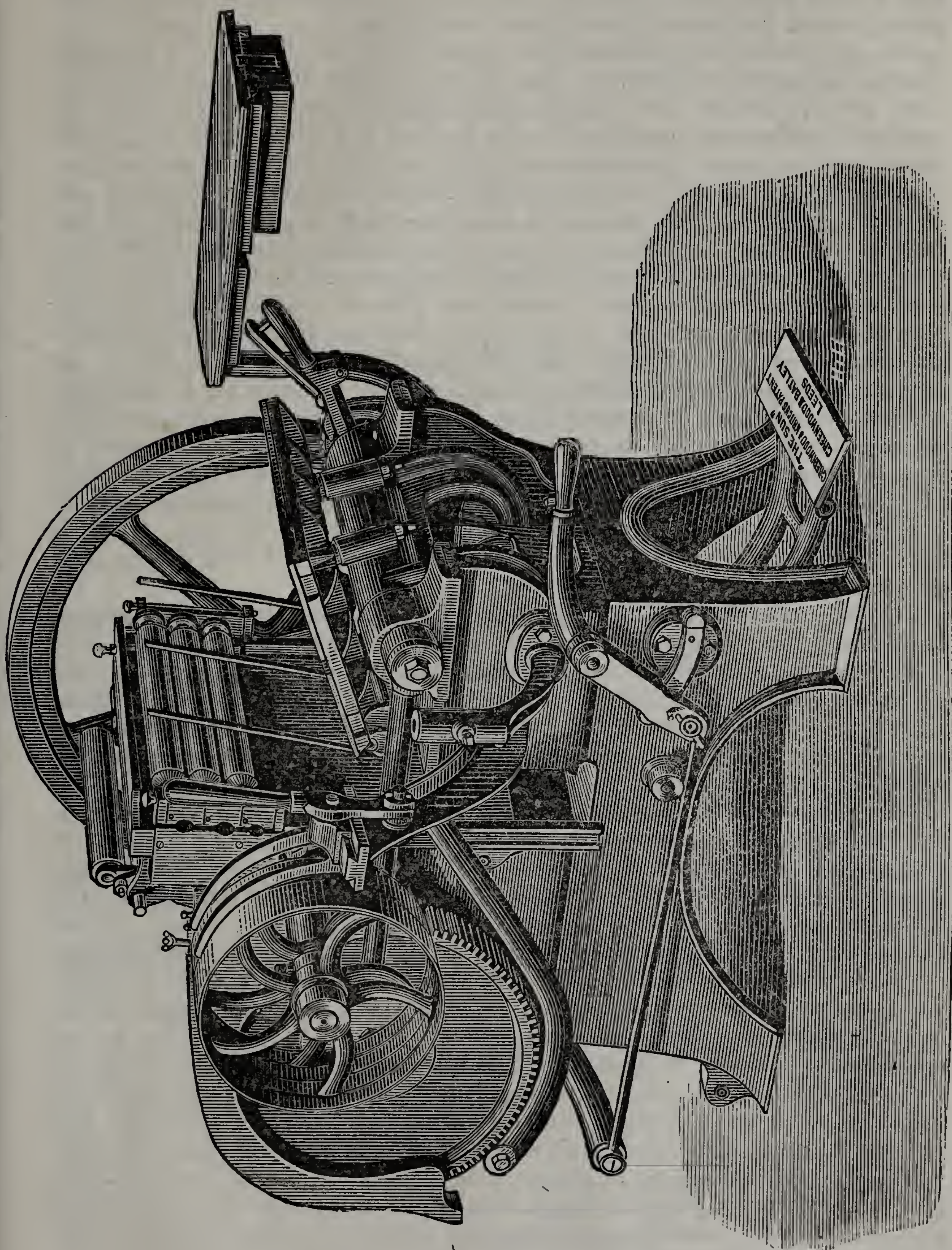


Fig. 1. — Machine le *Soleil*.

actuellement en usage, et si par la pensée nous nous reportons en arrière d'une soixantaine d'années, nous nous trouvons, proportionnellement au progrès soudain dans lequel est entré l'imprimerie, fort éloignés de l'époque où la presse en bois était seule connue et seule employée. »

« Il est présumable que Gutenberg conçut l'idée de la presse à imprimer d'après le pressoir à vendanges, dont le principe moteur, la vis, est le même. Cette presse primitive dite *à nerfs*, ainsi nommée à cause des cordes ou des nerfs qui établissaient la solidarité entre la vis et la platine, servit aux imprimeurs pendant quatre siècles sans qu'il y fût apporté la moindre amélioration.

« Aujourd'hui, qu'avec des instruments dont la perfection mécanique, la justesse et la précision sont poussées à leur dernière limite, les imprimeurs produisent des tirages généralement si peu remarquables, à part, il est juste de le reconnaître, quelques travaux fort rares, dits, pour ce motif, de luxe, on ne peut s'empêcher, précisément à cause de ce progrès considérable et envahisseur de la seconde moitié du XIXe siècle, de s'incliner profondément devant la vénérable presse de nos pères qui toute imparfaite qu'elle était, n'en a pas moins produit des chefs-d'œuvre artistiques que les *magnifiques et splendides* éditions du moment ne peuvent faire oublier. Empressons-nous cependant d'ajouter, pour l'honneur de notre génération, qu'à l'époque de la presse en bois, la valeur vénale du temps était toute autre qu'à présent et que nos aïeux n'avaient pas à subir les nécessités sociales qui ont fait de l'existence actuelle une véritable fournaise. Il y a donc lieu de n'être étonné qu'à moitié si l'*art divin* d'imprimer a perdu pas mal de son prestige et s'il est devenu mesquinement à la merci du premier venu.

« Ce fut en France, un fabricant du nom de Brichet qui, le premier, remplaça la platine en bois et le marbre en pierre par une platine et un *marbre* en fonte dressés. Il obtint de cette façon, un foulage plus fort et plus régulier. En 1797, un américain, Georges Clymer, inventa une presse en fer dite *colombienne*. Cette presse fut importée en Angleterre et rivalisa avec celle que faisait construire à cette époque lord Stanhope. Le comte Charles Stanhope, homme d'État et savant mécanicien, ayant à faire imprimer un ouvrage de physique, et n'étant pas satisfait des résultats obtenus sur la presse en bois, préféra suspendre l'impression de son ouvrage jusqu'à ce qu'il eut fait construire la presse qui porte encore aujourd'hui son nom. Il y eut ensuite une autre presse anglaise nommée *albion*; cette dernière fut connue des constructeurs français en 1820. Misselbach et Thonnelier, Gaveaux, Bresson, Frappié, Durand, Colliot et Girodot, imitèrent la presse de Stanhope en y apportant de nouvelles modifications.

« La construction tout en fer de cette nouvelle presse permettait de lui donner une pression puissante et déterminée que n'offraient point les presses en bois. Nous passerons sous silence les inconvénients de l'ancien système qui ne sont appréciables que pour les hommes du métier, cependant nous en citerons un d'entre eux qui, à lui seul, est capital. L'ouvrier imprimeur, sur l'ancienne presse en bois, devait donner alternativement deux coups de barreau pour obtenir le tirage d'une seule feuille : l'emploi de la nouvelle presse fit disparaître cet inconvénient, car la platine à laquelle on donna les mêmes dimensions qu'au tympan, permit le tirage de la feuille d'un seul coup de barreau, de plus, le coup fut déterminé et arrêté par un régulateur. Enfin, à l'aide de cette nouvelle machine l'ouvrier prit une attitude moins gênante et ses travaux devinrent moins pénibles et moins fatigants.

« Les besoins augmentaient tous les jours, et si la perfection était atteinte la production ne l'était pas. Jusque-là pour appliquer l'encre sur les formes, on se servait des *balles*, lorsque l'invention du *rouleau typographique* donna un nouvel essor aux inventions nouvelles qui devinrent mécaniques.

Le premier ouvrier imprimeur qui employa le rouleau fabriqué avec un mélange de mélasse et de colle forte (1), fut un nommé Maillot, connu dans l'imprimerie pour plusieurs autres inventions ingénieuses. Cette matière étant très hygrométrique donnait à tout instant des résultats inattendus qui se traduisaient souvent par des déceptions. Mais bientôt les ouvriers apprirent à connaître cette nouvelle matière, et à côté des inconvénients, les avantages furent tels que les balles furent bientôt laissées complétement de côté.

« Deux allemands, Kœnig et Bauër (de Stuttgard), ce dernier mécanicien, aidés d'un imprimeur de Londres, Thomas Bensley, et de l'éditeur du *Times*, Richard Taylord, construisirent la première machine typographique ; la pression s'y obtenait avec une platine, c'était le seul rapprochement existant avec la presse manuelle, les autres organes étaient nouveaux et suppléaient entièrement aux bras de l'homme. Cette première machine tirait environ 800 exemplaires à l'heure (1807).

« Ces deux inventeurs ne s'en tinrent pas là, et quelques années après ils construisirent la presse cylindrique (1814), et deux ans plus tard, le *Times* fut tiré sur une nouvelle machine à deux cylindres, sortie de leurs mains, et en 1816 ils montaient la première machine dite *à retiration*, imprimant simultanément les deux côtés de la feuille. Les autres inventions et contrefaçons se succédèrent. Kœnig, mécontent des imitateurs anglais, alla fonder en Bavière, à Oberzell, un établissement qui devint considérable et qui occupe encore aujourd'hui la première place en Allemagne, pour la construction des machines à imprimer.

« Les contestations en matière d'invention pour les machines à imprimer se retrouvent, de même qu'on l'a vu pour beaucoup d'inventions modernes; les uns acceptent sans contrôle Kœnig et son collaborateur, d'autres confondent sans doute avec le bailleur de fonds, l'anglais Benoley.

« Les deux premières machines qui fonctionnèrent à Paris étaient de provenance étrangère. L'une, de construction anglaise, sortait des ateliers de Nappier : c'était une *single machine* (machine simple). La seconde venait d'Allemagne. Les premières machines doubles furent construites par Cowper et Applegath, de Londres.

« Gaveaux présenta le premier à Paris en 1829, une presse sur laquelle on pouvait tirer, d'une manière satisfaisante, les journaux et les labeurs. Thonnelier exposa une machine double en 1834. Normand vint ensuite et donna son nom à un genre de nouvelles machines ; enfin, Dutartre parvint à construire deux machines surprenantes. C'est alors que les presses à imprimer commencèrent à tirer de la gravure (1839). »

M. H. Marinoni, qui fut d'abord le collaborateur dévoué de Gaveaux, a inventé les machines cylindriques. Ce nouveau système est venu complétement modifier l'allure du tirage des journaux. Pierre Alauzet est un autre constructeur. Parmi les constructeurs qui ont découvert de nouveaux perfectionnements, on doit citer : Louis Rebourg, Derriey, Voirin, etc. »

Un grand nombre de journaux étrangers s'impriment actuellement sur les machines de Marinoni et de Derriey. Le présent ouvrage est imprimé sur des presses Rebourg. Les perfectionnements cherchés sont maintenant pour les machines imprimant simultanément plusieurs couleurs.

L'impression lithographique semble avoir dit son dernier mot comme perfection artistique et comme perfection mécanique ; les inventions se succèdent sans cesse. Il n'est pas maintenant de tableau en vogue qui ne puisse être

(1) Ce mélange fut inventé par le Docteur Gamal, qui fit les recherches nécessaires sur les invitations réitérées de M. Chegray, prote de l'imprimerie Smith, à Paris.

reproduit avec toutes ses couleurs à des milliers d'exemplaires, pas de photographie qui ne puisse être multipliée à l'infini.

La taille-douce, au point de vue mécanique, est restée stationnaire, et, bien que la presse soit perfectionnée, elle est à peu près restée la même depuis de longues années, cela provient probablement que ce genre de gravure est abandonné par de nombreux éditeurs qui l'ont remplacé, son prix étant très-élevé, par la gravure sur pierre et par l'autographie avec laquelle on obtient aujourd'hui des résultats presque identiques. La planche seule subit actuellement une métamorphose : une fois gravée, on la plonge dans un bain galvanique qui la recouvre, au bout d'un certain laps de temps, d'une couche d'acier; c'est ce que l'on nomme l'aciérage; cette opération permet, tout en n'altérant aucunement la gravure, d'exécuter de plus grands tirages.

E. L.

NOTES COMPLÉMENTAIRES

FRANCE

NOTE I.

Machines-outils (1) (*Classe 55*).

La machine-outil se compose, d'une manière générale, d'un organe agissant, dérivé des outils du type le plus simple et auquel on donne un emmanchement solide. Cet organe, mis en fonction par un groupement plus ou moins compliqué d'actions mécaniques et mû par une force motrice quelconque, est dirigé soit par la main d'un ouvrier, soit d'une manière absolument automatique.

Le but général d'une machine de ce genre est de transformer une masse solide, en lui assurant une forme et des dimensions parfaitement déterminées; de là résultent deux conditions fondamentales que doit réaliser toute machine-outil : donner à la masse à transformer une stabilité parfaite, et assurer à l'outil des conditions de travail absolument géométriques. Toutes les modifications ou les progrès accomplis ont eu pour but, en assurant la réalisation des deux conditions fondamentales, soit d'utiliser de nouveaux outils, soit de rendre leur fonctionnement plus automatique, soit d'élaborer de plus grosses pièces et d'accélérer l'évolution des pièces à façonner.

La machine-outil présente sur l'outil manuel les avantages très marqués d'une action plus régulière et plus rapide et d'une production bien plus considérable. Ces machines se sont développées et multipliées selon les exigences de l'industrie moderne, dont elles sont devenues le plus pouvaient et l'indispensable auxiliaire.

Les produits appartenant à la classe 55 pouvaient former dix subdivisions distinctes qui se groupaient en deux séries : machines-outils pour façonner les métaux et machines-outils pour les industries diverses.

Ce sont, pour la première série :

1° Les machines-outils proprement dites, employées au travail des métaux, que l'on peut désigner sous le nom d'outils généraux des ateliers de construction métallique et mécanique, tels que les tours de toutes sortes; les machines à fileter, à tarauder; les machines à raboter, qui prennent le nom d'étaux limeurs quand elles sont de petites dimensions; les machines à mortaiser ; les machines à percer, à aléser, à faire les rayures; les machines à fraiser, dont on a beaucoup multiplié et étendu les services; puis tout l'outillage des ateliers de charpenterie en fer et en tôlerie, connu sous le nom d'outillage de chaudronnerie, comprenant les machines à cisailler, à poinçonner, à chanfreiner, à cintrer, etc.; enfin les machines servant à la préparation des bois en grume.

Les outils manuels de l'ouvrier qui lui permettent de compléter et d'achever le travail des machines et les instruments qui sont nécessaires à la préparation, au réglage et à la vérification du travail, tels que les règles, équerres, trousse-quins, etc., appartiennent aussi à cette catégorie.

---

(1) Voir *Machines-outils* de M. Husson, page 513.

2° Les machines-outils destinées au travail des métaux, mais plus spécialement employées aux travaux de précision, tels que les tours spéciaux, les machines à diviser, à tailler, à découper les dents d'engrenage, etc. Si les principes de leur fonctionnement sont les mêmes que ceux des machines précédentes, leur mode de construction est différent : elles sont fabriquées par des constructeurs spéciaux et rentrent par ce fait, dans la classe des instruments de précision.

3° Les machines-outils employées à étirer, emboutir, découper, mettre en œuvre les métaux précieux ou les métaux employés à la fabrication des objets d'orfévrerie, de bimbeloterie, etc., rentrant dans les articles de Paris.

4° Les machines à émoudre, à polir, et, suivant l'expression des ateliers, les machines à meuler, dont l'usage tend de jour en jour à se vulgariser dans tous les cas où il faut parer ou ajuster à demi certaines surfaces qui n'ont pas besoin d'être réglées.

5° Les machines-outils servant au forgeage du fer, comme le marteau-pilon, et celles destinées à l'étampage du fer, dont les machines à fabriquer les clous et les pointes de Paris sont le type le plus connu.

6° Les machines-outils à forger, souder, étirer et refouler le fer, mais destinées spécialement au charronnage, et celles qui sont spéciales à la maréchalerie pour la préparation et l'achèvement des fers à cheval.

Les quatre dernières subdivisions, qui constituent la seconde série, comprennent :

7° Les machines à broyer et à malaxer, employées dans un très grand nombre d'industries, et dont les types les plus intéressants se sont retrouvés dans les classes spéciales à ces diverses industries.

8° Les machines employées à la fabrication mécanique des tonneaux, genre dans lequel il y a le plus de progrès à constater depuis 1867.

9° Celles qui sont spéciales à l'usinage du liége et à sa transformation en bouchons.

10° Enfin les machines spéciales à la mise en presse des allumettes chimiques.

Les machines-outils sont construites en métal.

La *fonte* est presque exclusivement employée pour la fabrication des plaques de fondation, des bâtis, des supports et des organes de transmission, tels que les engrenages, les poulies, etc.

Le *fer*, pour la fabrication des arbres de transmission, des leviers de mise en train et d'arrêt, des boulons qui servent à relier les pièces les unes aux autres, et des boulons de fondation.

L'emploi de l'*acier* a été limité jusqu'à présent à la fabrication de l'outil proprement dit, destiné à exécuter le travail commandé par la machine. Néanmoins, il a été substitué au fer et à la fonte, soit dans quelques machines servant à des travaux de précision, soit dans les machines-outils des plus grands types, toutes les fois qu'on a eu besoin de donner à un organe une résistance exceptionnelle.

L'indication du prix des matières premières entrant dans la fabrication des machines-outils ne donnerait aucune idée de leur valeur. Elle appartient d'ailleurs à la classe n° 43 des produits métallurgiques.

La base générale de leur évaluation est le poids, dès qu'il s'agit d'une machine de service courant. Les prix des types les plus connus, les plus vulgarisés oscillent autour de 50 francs les 100 kilogrammes. Cependant la plupart des machines-outils d'une exécution soignée, qui constituent l'outillage des ateliers de construction métallique, sont vendues au prix de 100 francs les 100 kilogrammes, et atteignent au prix de 120 et 130 francs et même au-delà, suivant la nouveauté du modèle, sa complication et l'importance de la machine.

Quant aux outils destinés aux travaux de précision, leur valeur ne peut être

indiquée. Elle dépend tout entière du soin et de la quantité de travail dépensés pour leur exécution.

Il en est de même des outils spéciaux à telle ou telle industrie dont l'exploitation est monopolisée par des droits de brevets.

Le centre le plus important de production est le département de la Seine, qui réunit le plus grand nombre de constructeurs et parmi eux les plus anciens et les plus réputés.

Les départements de la Somme et des Ardennes sont également des centres intéressants, mais leur principale production concerne surtout les outils les plus courants qui peuvent être fabriqués comme objets d'approvisionnement et de magasin.

La Haute-Marne, le Nord, la Seine-Inférieure, les Bouches-du-Rhône, le Rhône, la Loire, la Loire-Inférieure et le département de Seine-et-Marne viennent en troisième ligne.

On peut ajouter que tous les grands ateliers de construction métallique, ainsi que les grandes usines métallurgiques, appelés par les nécessités commerciales à donner une main-d'œuvre mécanique à certains de leurs produits, construisent eux-mêmes leurs outils principaux, afin de les mieux approprier à leurs besoins personnels.

Les départements du Loiret et d'Indre-et-Loire ont donné une impulsion assez considérable à la fabrication des machines-outils qui ont pour but le forgeage du fer pour la préparation ou l'achèvement des ferrures de charronnage.

Quant aux produits de la classe 55 appartenant au second groupe, leur fabrication s'est développée, soit dans les départements producteurs des matières premières, comme le Var pour les *machines à usiner le liége,* soit dans les départements consommateurs comme l'Hérault, la Gironde, le Lot-et-Garonne, le Loiret et l'Indre et-Loire, pour les *machines à fabriquer les tonneaux*; le département des Bouches-du-Rhône et le Jura, pour les machines à mettre en presse les allumettes chimiques.

Dans les départements du Nord, de la Somme, des Ardennes, de la Haute-Marne, le prix de la main-d'œuvre est inférieur d'environ 20 % en moyenne au prix payé dans les autres départements producteurs. On peut estimer que la moyenne des salaires payés aux ouvriers, manœuvres et auxiliaires, dans le département de la Seine, qui est de 4 francs par journée de travail de 10 heures, représente assez bien la moyenne des salaires payés dans le midi et dans le nord-ouest de la France.

Il est difficile d'évaluer la production annuelle spéciale aux machines-outils comprises dans la classe 55. En effet, les quelques grandes maisons qui se renferment exclusivement dans cette fabrication sont l'exception, et la plupart des autres constructeurs étendent leur activité à tout ce qui concerne la construction mécanique, métallique, et la machinerie à vapeur.

La production de ces dernières années représenterait peut-être un chiffre exagéré par suite des grandes commandes faites par l'État pour le complément de l'outillage de ses arsenaux et pour l'installation des ateliers de constructions navales métalliques, dont les ports militaires ont été dotés.

Dans tous les cas, on peut constater avec satisfaction que l'importation des outils étrangers diminue de jour en jour. On sait maintenant que les étrangers, et les Anglais notamment, malgré le bon marché de leurs matières premières, demandent des prix supérieurs aux prix français dès qu'on exige d'eux le soin et le fini d'exécution.

Les industriels éclairés n'ont plus recours aux ateliers étrangers que pour l'achat de certaines machines brevetées, dont ceux-ci monopolisent la fabrication.

Cette situation est la meilleure preuve des améliorations générales obtenues en France dans la fabrication des machines-outils.

Les progrès particuliers réalisés depuis 1867, qu'on peut dès à présent signaler à l'attention du public, concernent surtout :

Les tours, machines à rayer, à fileter des plus grands modèles, dont on est arrivé à régler le travail avec la dernière précision;

Les machines à fraiser, qui ont été appliquées de la manière la plus heureuse au façonnage de certaines pièces exigeant jusque-là un long travail à la main; l'accroissement progressif de leurs dimensions, les ingénieuses dispositions dont elles ont été l'objet, en ont fait des machines capables de rendre les services les plus variés et les plus étendus, et particulièrement précieuses à certains ateliers dont l'outillage est restreint;

Les machines à meuler, qui, sortant de leur premier rôle si restreint de machines à polir, sont devenues de véritables outils pour l'exécution des travaux de chaudronnerie et d'ajustage;

Les machines-outils spéciales à la fabrication de l'orfèvrerie et des articles de Paris, qui ont été vulgarisées et appelées à rendre des services plus variés; enfin, d'une manière générale, les machines-outils appartenant au second groupe des produits de la classe 55, qui témoignent des efforts constants faits par notre industrie pour accroître et perfectionner ses moyens d'action.

NOTE II

Machines, instruments et procédés usités dans divers travaux.
(*Classe 61.*)

La classe 61 comprenait un très grand nombre de machines, d'outils et d'instruments fort intéressants et très ingénieux qui constituent presque tout le petit outillage de l'article de Paris. Leurs destinations multiples nécessitent leur division en diverses catégories :

1° Outillage et procédés de la fabrication des objets d'horlogerie, de bijouterie, d'orfévrerie ; outillage des graveurs; outils de précision.

2° Machines servant à la fabrication des boutons, œillets, agrafes.

3° Machines à confectionner les brosses, les peignes, les cardes.

4° Machines et outils pour boucher et déboucher, capsuler, rincer et essayer les bouteilles et les flaçons, pour emplir et manœuvrer les fûts, pour marquer les bouchons.

5° Machines servant à la fabrication des épingles, des aiguilles, des pointes de Paris, des clous à ferrer les chevaux.

6° Machines servant à la fabrication des capsules, des cartouches, des amorces et des briquets.

7° Machines pour la reliure.

8° Machines pour fournitures de bureau.

9° Machines pour enveloppes de lettres, cornets et sacs en papier, cols et manchettes en papier.

10° Machines servant à la fabrication des plumes, des crayons.

11° Machines à écrire.

12° Machines à empaqueter, à ficeler, à plomber les marchandises.

13° Machines à cirer, à décrotter les chaussures, à laver et cirer les parquets.

14° Outillage et procédés de la bimbeloterie, de la marqueterie.

15° Outillage et procédés de la fabrication de la vannerie, des ronds de paille et des enveloppes de bouteille.

16° Presses monétaires, presses à étamper, balanciers, moutons et poinçonneuses.

17° Meules à aiguiser, pierres à brunir, etc.

La plupart de ces machines, outils et appareils sont fabriqués à Paris et dans les départements de la Seine, du Doubs, du Jura, de la Gironde, de la Marne et de la Seine-Inférieure.

Le fer et la fonte entrent pour une part considérable dans la fabrication des outils volumineux ; mais pour les outils délicats, ceux de l'horlogerie notamment, on n'emploie guère que l'acier. La valeur de la matière première n'est, d'ailleurs, qu'une très faible partie de la valeur totale de ces appareils ; c'est la main-d'œuvre qui joue le plus grand rôle dans leur fabrication. Le chiffre d'affaires que représente en France, chaque année, la production de ces machines diverses est très faible : il atteint à peine 3 millions.

Mais ces machines servent à produire des articles très variés, dont la fabrication s'élève annuellement à des sommes considérables. Par exemple, la fabrication annuelle des machines à confectionner les boutons peut être estimée à 500,000 francs au plus, et la production annuelle des boutons dépasse 100 millions de francs.

Depuis 1867, des progrès considérables ont été réalisés.

Dans l'industrie de l'horlogerie, on se sert d'outils nouveaux, et particulièrement d'un plus grand nombre d'emporte-pièce, pour fabriquer la plupart des organes si délicats dont se composent les montres et les horloges. C'est grâce au perfectionnement de l'outillage qu'on a pu fabriquer et vendre à des prix excessivement réduits, pendant ces dernières années, de très grandes quantités de montres et de pendules.

Les machines à écrire, appelées à se répandre et à rendre de grands services, sont d'invention toute récente. Dans les unes, les lettres de l'alphabet, les chiffres, les accents, les points, se détachent de leur casier respectif au moyen de touches disposées comme celles d'un piano et viennent se placer, au gré de l'opérateur, pour former les mots et les phrases. D'autres sont de véritables machines à sténographier.

La plupart des machines à fabriquer les boutons, à boucher et déboucher les bouteilles, ont reçu de très notables améliorations.

Dans l'industrie de la brosserie, il faut signaler les *perceuses automatiques* et les *monteuses mécaniques*, qui réduisent de beaucoup le prix de revient des brosses.

Les perfectionnements apportés aux machines à fabriquer les cols et manchettes en papier, les enveloppes en papier, et surtout aux machines à fabriquer les enveloppes en paille, ont permis d'atteindre une production beaucoup plus élevée et de réduire les prix de revient.

Enfin, l'on peut signaler divers systèmes de machines à cirer les parquets, des machines nouvelles pour la fabrication des clous à chaussures, des clous à ferrer les chevaux, des ventilateurs pour évacuer les poussières produites dans certaines industries et si préjudiciables à la santé des ouvriers, etc.

NOTE III

Machines et appareils de la mécanique générale
(*Classe 54*).

Le classe 54, celle de la mécanique générale, comprenait toutes les machines à l'aide desquelles l'industrie produit, recueille, transmet et mesure le travail. Si, en cette matière il n'y a pas de découvertes bien saillantes à signaler depuis l'Exposition de 1867, on peut, du moins, faire ressortir le progrès continu qui y a été réalisé, progrès dû à l'intelligence de plus en plus complète des vraies conditions imposées aux appareils industriels. Chaque jour, le rôle des machines augmente dans l'industrie; la vapeur tend à se substituer aux autres forces motrices; l'homme est exonéré d'une foule de travaux difficiles ou pénibles. En même temps, la machine motrice, autrefois réservée aux grandes usines, pénètre dans les petits ateliers. Des machines-outils perfectionnées exécutent les opérations réservées jusqu'ici à la main humaine. Une telle transformation constitue un progrès bien réel. Elle entraîne toutefois une diminution corrélative dans l'adresse de l'ouvrier, et certaines fabrications spéciales, celle des instruments de précision par exemple, peuvent regretter les ouvriers, artistes d'autrefois, devenus rares aujourd'hui.

L'extension du rôle industriel des machines coïncide avec l'amélioration du sort de l'ouvrier. Les salaires s'élèvent en proportion de l'importance de la production, et des rémunérations de plus en plus larges sont assurées à l'ouvrier consciencieux et habile. Il en est ainsi dans les grandes villes, où les établissements industriels se placent de préférence, et aussi dans les campagnes, près des centres de production métallurgique par exemple, où d'importantes industries ont trouvé, pour se développer, un milieu favorable. Un autre caractère de la production mécanique française, c'est l'application croissante du principe économique de la division du travail. Chaque maison tend à se spécialiser; chacune apporte, en même temps, un plus grand soin aux opérations qu'elle exécute, et parvient ainsi à donner à ses produits un degré de perfection qui, autrefois, eût paru impossible à atteindre. Les fonderies, les usines à fer, livrent aux constructeurs leurs pièces ajustées et prêtes à l'emploi. Le même principe a donné naissance à des établissements spéciaux qui fabriquent les éléments détachés de la composition des machines. Telle usine construit des roues d'engrenage, telle autre des poulies, d'autres encore les appareils de transmission; toutes ces usines concourent à approvisionner les industries les plus diverses. Que de facilités si l'on compare l'état actuel à celui d'il y a vingt ans !

Bornons-nous, en dehors de ces considérations générales, à indiquer quelques-uns des progrès mécaniques accomplis. L'emploi très répandu des études télodynamiques permet de transmettre à grande distance la puissance empruntée à une chute d'eau ou à une machine à vapeur et de la distribuer entre un grand nombre d'ateliers. La France possède, dès aujourd'hui, plusieurs installations de cette nature, qui peuvent se comparer à ce que la Suisse a de plus complet dans le même genre. Pour les machines à soulever les poids, en même temps qu'on en a accru la puissance, on en a augmenté la sûreté, et le manœuvre qui cesse d'exercer son effort sur la manivelle n'est plus menacé d'être frappé, la chaîne se déroulant par défaut d'encliquetage. On a aussi notablement perfectionné tous les appareils enregistreurs, compteurs, dynamomètres, etc. Les grandes vitesses ne font plus obstacle à l'exactitude de leurs indications, et de nombreuses observations, poursuivies sur la locomotive et sur les trains de

chemin de fer, ont fait reconnaître des phénomènes mécaniques tout nouveaux dans ces mouvements précipités. Mêmes améliorations des appareils de pesage. La balance peut aujourd'hui enregistrer les pesées et les montrer au dehors, de manière à ne laisser le champ libre ni aux erreurs ni aux fraudes. Une balance montée sur voiture accompagne les transports et sert à contrôler, à l'arrivée, l'intégrité du chargement.

Le véritable progrès de la mécanique contemporaine doit peut-être se résumer dans le fait même de l'emploi de plus en plus général de la vapeur. L'industrie du bâtiment, l'agriculture, les travaux publics, se servent couramment de la locomobile. Dans les gares de nos chemins de fer, sur les quais de nos ports, nous voyons des grues à vapeur enlever, au bout de leurs flèches de 6 à 8 mètres, les chargements des wagons et des navires. Dans les usines, des grues roulantes de 20 mètres de portée, montées sur rails et mises en action par une machine à vapeur qu'elles portent avec elles, font circuler d'un bout à l'autre de l'atelier des fardeaux de 10 à 12 tonnes.

La machine à vapeur a reçu de nombreux perfectionnements de détail dans une voie depuis longtemps ouverte. Les efforts du constructeur tendent vers la réduction à la plus faible limite possible de la consommation de combustible par rapport au travail produit. La construction de locomobiles plus puissantes, la création des machines demi-fixes, très appréciées dans l'industrie, ont assuré à toute cette classe de machines légères l'économie du combustible, due en grande partie au voisinage intime de la chaudière et des cylindres, et comparable à celle qu'on réalise dans les grandes machines fixes, grâce au soin que l'on apporte au mécanisme de la distribution.

Deux types nouveaux de machines à vapeur paraissent aujourd'hui être entrés dans les habitudes de l'industrie française : ce sont les machines avec détentes Corliss, Sulzer ou autres, dans lesquelles la distribution s'opère par l'intermédiaire de quatre orifices indépendants, munis de robinets manœuvrés par la machine et les machines Compound qui dérivent des anciennes machines de Woolf. Deux cylindres inégaux, séparés par un réservoir de vapeur, permettent de faire varier à volonté la détente entre des limites très-écartées, et aussi de faire agir simultanément la vapeur directe dans chacun d'eux, de manière à développer des efforts plus énergiques. Imaginée d'abord comme machine marine par un de nos ingénieurs, la machine Compound fournit aujourd'hui à l'industrie des machines fixes, en attendant qu'elle soit admise sur la locomotive où des essais récents permettent d'en prévoir le succès définitif; il faut surtout avoir égard, à ce point de vue, à la faculté qu'elle donne au mécanicien d'accroître considérablement l'effort de traction au moment du démarrage. Un perfectionnement des chaudières a consisté dans la création du type à tubes verticaux avec double circulation qui produit une vaporisation très rapide. Indépendamment de cette amélioration, qui est importante dans certains cas, on doit noter le progrès continu de la fabrication des chaudières depuis que les réglements administratifs laissent toute liberté aux constructeurs, rendus par cela même responsables. L'expérience leur a révélé, conformément à la théorie, que la résistance d'une enveloppe est mieux garantie par la qualité des tôles que par l'exagération des épaisseurs. En somme, la sûreté des appareils à vapeur a augmenté sous l'influence d'une législation plus libérale. On n'a pas épargné non plus les ingénieuses recherches, et le perfectionnement des accessoires, manomètres, soupapes, indicateurs de niveau, ont eu les plus heureux résultats au point de vue de la sécurité. Mais le meilleur préservatif contre les accidents paraît être dans l'association entre les propriétaires de machines à vapeur, et dans la surveillance incessamment exercée sur les machines à feu par les ingénieurs de ces sortes de syndicats.

La petite industrie emploie beaucoup les machines à gaz, qui lui rendent de bons services. Peut-être les machines à air chaud, constamment étudiées malgré l'insuccès pratiqne des premières tentatives, pourront-elles bientôt entrer en ligne avec elles pour le même objet. Quant aux moteurs électriques, l'emploi en paraît être limité jusqu'à présent à la transmission des effets mécaniques les plus faibles ; ce sont des agents de signaux, plutôt que des moteurs industriels. Le progrès des machines hydrauliques est tout entier dans le détail, dans les soins apportés à la construction des organes de ces machines. Peu ou point d'amélioration dans les pompes à piston. Pour les grands épuisements, les pompes centrifuges continuent à donner les résultats les plus satisfaisants; une pratique déjà longue a mis en évidence l'avantage que présente l'emploi de deux pompes superposées ou conjuguées à la place d'une pompe unique. Les machines de distribution d'eau, fabriquées par des maisons spéciales, ont été sensiblement améliorées, et le choix entre les types divers dont on connaît bien maintenant les mérites n'est plus laissé à l'arbitraire du constructenr. On s'est applaudi en plusieurs circonstances, pour les prises d'eau comme pour les autres usines, d'avoir associé à un récepteur hydraulique une machine à vapeur, qui fournit le complément du travail moteur, lorsque le moteur hydraulique vient à chômer.

Bien que les pompes à incendie n'appartiennent pas à la classe 54, il est difficile, dans cette revue générale, de ne pas les y rattacher incidemment. L'introduction en France des pompes à incendie à vapeur marque un progrès évident des habitudes municipales, et il est à souhaiter que les villes adoptent toutes l'usage de ces appareils si utiles.

A l'égard des récepteurs hydrauliques, on peut signaler la substitution de roues lentes de grand rendement à certaines turbines de faible puissance ; l'installation de turbines près de chutes d'eau dont on distribue au loin la puissance motrice; enfin l'emploi des roues-turbines qui permettent de régler à volonté la vitesse de l'appareil d'après les variations du volume d'eau dont on dispose.

Un lien étroit rattache aux appareils dont il vient d'être question la presse hydraulique que l'on construit aujourd'hui en fer et qu'on emploie à une foule de nouveaux usages, notamment aux épreuves des fers, des aciers et des matériaux de construction; les accumulateurs qui n'ont pas joué jusqu'ici en France un rôle à comparer à celui qu'on leur a donné dès le principe en Angleterre, mais qui cependant se rencontrent dans certaines gares et dans certains docks et trouvent dans les maisons de Paris un emploi utile pour le service des ascenseurs; les moulins à vent, appareils simples et peu coûteux, exposés malheureusement à de fréquents chômages, et qui appellent une machine à vapeur comme complément presque indispensable.

Le programme de la classe 54 renfermait enfin les appareils d'aérostation; mais malgré la création récente d'oiseaux mécaniques, malgré les études mécaniques et physiologiques des lois du vol, aucun appareil important n'a été présenté qui permette d'espérer une solution prochaine du problème de la navigation aérienne. La France au point de vue de la production des machines se suffit à elle-même en général. Elle tire de l'Angleterre certaines machines agricoles. Quant aux machines proprement dites, elle alimente seule son propre marché, et elle fournit en sus à l'Espagne, à l'Italie, à la Russie, à l'Orient. Comme caractère général, l'industrie française s'est transformée dans les vingt dernières années; longtemps vouée à la production restreinte d'objets de choix, elle est arrivée aujourd'hui à une production plus étendue, et s'efforce d'unir la qualité à la quantité.

NOTE IV

La Coutellerie.

Le commerce de la coutellerie s'approvisionne aujourd'hui dans certains centres de fabrication. Sheffield, en Angleterre ; Solingen, en Prusse ; Thiers, Nogent et Châtelleraut, Langres, en France ; Steyer, en Autriche : telles sont les villes où cette industrie a le plus d'importance ; nous les classons d'après la quantité des produits fabriqués annuellement.

Laissant de côté les pays étrangers, nous ne parlerons que de la France ; nous restreindrons encore notre champ d'étude en passant sous silence la fabrique châtelleraudaise, qui s'adonne spécialement à la coutellerie de table.

Restent donc seuls en présence, Thiers et Nogent.

Nogent fabrique la coutellerie commune, la coutellerie ordinaire, la coutellerie fine et les articles de luxe ; Thiers fournit l'ordinaire et le bon marché. Ces deux centres industriels ont chacun leur mérite particulier, mérite apprécié et d'ailleurs incontestable.

Nogent se distingue par l'élégance, l'extrême variété, la qualité de ses produits, qui valent à la fabrique nogentaise la réputation de fournir la plus belle coutellerie du monde entier.

Thiers a acquis son renom par la grande quantité de ses produits à bon marché, à l'usage surtout des populations rurales et pauvres, produits qui, malgré leur bas prix, réunissent les conditions de qualité relative et de meilleur goût depuis quelques années.

A Thiers, la coutellerie est en progrès ; cela tient à ce que la division du travail et la marque de fabrique y sont généralement usités.

Avec ses vingt usines mues par l'eau ou la vapeur, ses dix mille ouvriers habitant la ville ou les environs, ses quarante maisons de commerce en gros, Nogent alimente les marchands couteliers de la France entière et fait des exportations importantes en Italie, en Espagne, en Suisse, en Belgique, en Angleterre, en Allemagne, etc., voire même dans un certain nombre d'États de l'Amérique, notamment aux États-Unis, à Buenos-Ayres, à Montevideo.

Ainsi donc, jusqu'à ces dernières années, Nogent (Haute-Marne), malgré l'activité de ses fabriques, malgré sa production considérable de coutellerie, malgré son commerce si étendu, est resté une ville à peu près inconnue alors qu'elle doit venir en premier rang dans la coutellerie française.

NOTE V.

Orfévrerie *(Classe 24)* (1).

L'orfévrerie est, parmi les arts industriels, un de ceux qui, à toutes les époques et chez tous les peuples, ont joui de la plus grande faveur. Les recherches archéologiques ont, en effet, amené la découverte d'un grand nombre d'objets précieux qui attestent à quel degré de perfection le travail de l'or et de l'argent était porté dans l'antiquité.

Depuis longtemps, la France marche une des premières sur les traces de ses illustres devanciers ; dès le VIIe siècle, saint Éloi était renommé pour son habi-

(1) Voir aussi tome IX, page 538.

leté, et au temps de saint Louis, les orfévres de Paris formaient déjà une puissante corporation. Nos artistes contemporains ont su conserver les glorieuses traditions de l'orfévrerie française et la placer au rang des grandes industries artistiques.

Les produits de la classe 24 se partagent en deux groupes principaux : 1° l'orfévrerie ordinaire, comprenant les pièces d'art, prix de courses et de concours, objets repoussés au marteau, grandes statues, meubles garnis d'or, d'argent et d'émaux; les surtouts de table, candélabres, coupes, pièces émaillées, galvanoplastie; les services de table et de dessert, plats, réchauds, couverts, etc.; enfin les objets de nature variée en métal argenté par les procédés électro-chimiques; 2° l'orfévrerie religieuse, comprenant les vases sacrés, calices, ciboires, ostensoirs, burettes, etc., destinés à la célébration du culte, les insignes épiscopaux : crosses, croix, aiguières, bougeoirs, vases au saint chrême, croix pectorales, et les pièces servant à l'ameublement des églises : autels, reliquaires, chandeliers, croix, candélabres, etc.

Les principaux centres de production sont Paris et Lyon; dans les autres villes, la fabrication est sans importance.

On compte environ 70 patrons orfévres fabriquant principalement les pièces en argent et occupant 400 ouvriers; 17 orfévres cuilleristes, employant 250 ouvriers; 160 orfévres travaillant le maillechort, le cuivre argenté et doré par l'électricité, avec 1,200 ouvriers; et enfin 433 établissements de polisseuses, brunisseuses et reperceuses, entretenant 1,500 ouvrières.

Les matières premières employées dans l'orfévrerie sont :

L'or, d'une valeur de	3.300 fr. le kilogr.
L'argent 1er titre, d'une valeur moyenne de.	212
L'argent 2e titre, d'une valeur moyenne de.	180
Le cuivre, d'une valeur moyenne de	250 à 300 fr. les 100 kil.
Le maillechort, d'une valeur moyenne de. .	600 à 800

Depuis quelques années, les fabricants d'orfévrerie ont installé dans leurs ateliers des moteurs à vapeur pour actionner les tours, laminoirs, moutons, balanciers, bancs à tirer, soufflets de forge, etc. L'introduction du travail mécanique a déterminé, par un abaissement sensible de la main-d'œuvre, un grand développement dans la fabrication et augmenté d'une façon notable le nombre des ouvriers et ouvrières, dont les salaires varient de 6 à 8 francs par jour pour les hommes et de 3 à 4 francs pour les femmes.

Le poids d'argent manufacturé chaque année dans l'orfévrerie est d'environ 89,000 kilogrammes représentant une valeur de 17,800,000 francs.

Les produits fabriqués annuellement peuvent être évalués à 50 millions de francs, ainsi répartis :

Grosse orfévrerie en argent, environ.	18 millions.
Petite orfévrerie en argent, environ	5
Couverts en argent, environ	10
Maillechort et orfévrerie argentés	17

Les produits vendus en France forment à peu près le tiers de la fabrication; les deux autres tiers s'exportent en Angleterre, en Allemagne, dans les deux Amériques et en Orient.

NOTE VI

Joaillerie et bijouterie

(Classe 39).

Une pièce de *joaillerie* est une parure montée en or ou en argent, dans laquelle la monture est garnie de diamants, de pierres de couleur ou de perles, de telle sorte que le métal précieux ne puisse en être considéré que comme l'accessoire, tandis qu'il constitue en quelque sorte le fond des articles de *bijouterie.*

Paris est le centre industriel où se fabrique la plus grande quantité de joaillerie et de bijouterie. Des progrès très remarquables ont été réalisés depuis dix ans dans cette industrie véritablement artistique. Chaque fabricant s'est efforcé de donner à ses produits un cachet particulier qui les distingue de ceux de ses concurrents, et, pour y arriver, il a dû non-seulement imaginer des modèles gracieux et originaux, mais aussi former avec patience des ouvriers capables de les exécuter avec fidélité.

L'école de dessin fondée il y a quelques années par la chambre syndicale de la joaillerie et de la bijouterie a puissamment contribué à développer chez les jeunes apprentis les premières notions d'art et de goût, et à en faire des ouvriers intelligents et habiles.

Des perfectionnements non moins importants sont à signaler dans un genre plus ordinaire, celui de la *bijouterie creuse,* qui est parvenue, grâce à l'amélioration de son outillage et malgré le prix de l'or, à fabriquer des bijoux relativement très bon marché.

La découverte des mines de diamants du cap de Bonne-Espérance, qui date de 1869, a exercé une heureuse influence sur le développement de la joaillerie. 10,000 nègres, mulâtres et indigènes travaillent à l'exploitation des mines de Kimberley et 3,500 ouvriers lapidaires hollandais, belges et français sont occupés à la taille des diamants qu'on en extrait et qui sont ensuite presque entièrement livrés à l'Angleterre et à la France. On peut estimer à 350 millions de francs la valeur des produits de cette exploitation depuis dix ans.

Il y a trois titres légaux pour les ouvrages d'or : 920, 840 et 750 millièmes; c'est ce dernier que le commerce emploie de préférence, parce que l'alliage offre plus de consistance et de dureté et permet d'obtenir un plus beau poli. Le titre des ouvrages en argent est de 950 millièmes. Tout objet d'or ou d'argent doit, avant sa livraison au commerce, être frappé, dans un bureau établi dans chaque département, d'une marque garantissant la qualité de la matière.

Le *bijou en or doublé* diffère du bijou en cuivre doré, en ce que celui-ci reçoit la couche d'or après qu'il est terminé, tandis que, pour celui-là, le doublage est effectué avant que la pièce soit livrée à l'ouvrier. Le travail préliminaire du doublage consiste à déterminer, par une pression énergique, l'adhérence d'une plaque d'or très mince à 750 millièmes et d'une plaque de cuivre ou de chrysocale d'une épaisseur beaucoup plus grande, après les avoir chauffées toutes deux, à l'abri de l'air, à une température de 800 degrés environ. Le métal ainsi obtenu subit ensuite, au moyen de matrices, de découpoirs et d'outils divers usités dans la bijouterie d'or, toutes les transformations que nécessite la fabrication. Suivant le titre de la feuille d'or employée; on obtient des colorations rouge, jaune, rose ou verte, comme dans la bijouterie d'or. Cette industrie a acquis une grande importance; elle occupe environ 1,400 ouvriers et le chiffre de sa production annuelle peut être évalué à 7 ou 8 millions de francs.

La *bijouterie en doré* ou *d'imitation* produit chaque année, une quantité considérable de bijoux de toutes sortes imitant l'or, l'argent, le nickel, etc. Aussi occupe-t-elle un grand nombre d'ouvriers de tous genres : doreurs, argenteurs, graveurs, ciseleurs, reperceurs, sertisseurs, estampeurs, etc., et constitue-t-elle une industrie fort importante et éminemment parisienne.

La *bijouterie de deuil* peut se subdiviser en trois espèces bien distinctes :

La première et la plus ancienne comprend les bijoux en imitation de pierres de jais; elle est composée d'appliques en émail ou en verre, variées de forme et de grandeur, taillées à facettes ou à biseau, qui sont fixées les unes près des autres, à l'aide de cire noire, sur des fonds en fer découpés.

La seconde comprend les bijoux noirs en corne de buffle; quoique datant de quinze ans à peine, cet article a pris une grande extension, parce que la matière employée, grâce à sa malléabilité, se prête à la fabrication de tous les modèles que l'on exécute en or ou en imitation.

La troisième, enfin, est la bijouterie en bois durci; cette matière est formée de sciure de bois d'albumine, le plus souvent de sciure de bois de palissandre et de sang de bœuf. On compose à l'aide de ces deux éléments une sorte de pâte qui se moule, comme l'écaille, dans des matrices en bronze, et on en fait des bijoux d'un ton mat très recherché.

La *bijouterie d'acier*, dont la vogue fut si grande au XVIII[e] siècle, a repris faveur dans ces dernières années. L'acier, grâce à sa dureté, est susceptible d'un beau poli; on en fait des bijoux qui ont beaucoup d'éclat et de scintillement. Pour obtenir ces parures, on se sert ou de fer malléable dont on trempe et on acière la surface, ou d'acier qu'on adoucit avant le travail, et qu'on durcit quand le bijou est terminé. Des laminoirs portant en creux l'empreinte des reliefs, et des matrices d'acier trempé, sont les principaux outils de cette fabrication. Le polissage mécanique a remplacé le polissage à l'émeri ou rouge d'Angleterre moins rapide et plus coûteux.

On fabrique aujourd'hui les *perles fausses* avec un tel art qu'il faut presque l'œil exercé d'un joaillier pour les distinguer des perles fines. On les obtient en remplissant de cire des perles de verre soufflées, auxquelles on donne, au moyen des écailles de l'ablette, la coloration brillante et nacrée qu'on nomme *orient.* Ces produits, employés par les industries de la broderie, de la passementerie, de la coiffure, etc., donnent lieu à un chiffre d'affaires qu'on peut évaluer annuellement à 2 millions de francs.

On compte peu de grandes fabriques de joaillerie et de bijouterie en France; les plus importantes sont les maisons de bijouterie en or doublé, qui emploient de 150 à 200 ouvriers et font usage d'un outillage assez complet mû fréquemment par la vapeur. Quelques fabricants de chaînes occupent aussi un grand nombre de bras; mais, en général, le travail étant presque toujours manuel, les ateliers ne comptent guère plus de 10, 15 ou 20 personnes. Une partie de ces ouvriers, principalement les sertisseurs, travaillent à domicile; les femmes sont occupées au polissage, au reperçage ou à l'enfilage des perles. Le salaire moyen est de 6 fr. 70 cent. pour les hommes, et de 3 fr. 20 cent. pour les femmes par dix heures de travail.

NOTE VII

Horlogerie (*Classe* 26) (1).

L'horlogerie française se rattache commercialement à plusieurs industries comme celles du bronze, du zinc, de l'ébénisterie, de la marbrerie et de la bijouterie, dont les produits figuraient dans d'autres classes.

La présente notice n'a pour objet que l'industrie horlogère proprement dite.

L'antiquité ne connut pour la mesure du temps que les cadrans solaires et les clepsydres. La fameuse horloge offerte à Charlemagne par le kalife Haaroun al-Raschid n'était qu'une clepsydre à roues. Il faut arriver jusqu'à l'an 1000 de notre ère pour rencontrer la première horloge, dont l'invention est attribuée au moine français Gerbert, devenu pape sous le nom de Sylvestre II.

Cette première horloge était du type *à poids* et *à échappement à palettes.*

Les progrès de cette nouvelle industrie furent très-lents. L'horloge à sonnerie date du XIIe siècle. La première horloge publique établie en France fut posée en 1370, à Paris, sur la tour de l'Horloge, au coin du palais de la Cité. Dès le règne de Louis XI, on fabriqua des réveils et des montres de poche très-petites.

Le régulateur des premières horloges était le *balancier circulaire*, qui, modifié et perfectionné, s'est conservé jusqu'à notre époque dans les montres et autres pièces d'horlogerie portative. L'idée du *pendule*, entrevue dès 1583 par Galilée, fut utilisée plus tard par ce savant pour les déterminations astronomiques; il indique le pendule sur la fin de sa vie, comme *régulateur* des horloges; cette application fut réalisée en 1689 par son fils Vicenzio, et quelques années plus tard par le hollandais Huyghens.

L'application du *ressort spiral* au balancier circulaire fut faite en 1674, et l'*échappement à ancre,* inventé quelques années plus tard par Hooke, permit de faire parcourir au pendule de très petits arcs circulaires, condition qui assura un *isochronisme* d'oscillation beaucoup plus exact. Dès lors une marche régulière fut obtenue pour les deux types de régulateur, et les progrès et perfectionnements se succédèrent en marchant parallèlement. On s'occupa surtout, pour obtenir plus de précision dans la marche des horloges, de compenser les variations de longueur apportées dans leurs organes par les changements de température. Graham est parvenu le premier, vers 1726, à réaliser la *compensation* pour le pendule en terminant la tige par un tube de verre contenant du mercure, de façon à maintenir invariable la distance de l'axe de suspension au *centre d'oscillation.* Au milieu du XVIIIe siècle, le même résultat fut obtenu au moyen du *régulateur à gril.*

La première compensation du balancier circulaire est due à l'horloger français Pierre Leroi, et c'est à Ferdinand Berthoud, en 1768, qu'est due la découverte de l'isochronisme du balancier circulaire pour les grandes et les petites oscillations.

L'*échappement* est l'organe enregistreur de chaque oscillation du pendule ou du balancier; il est, quant à son mode d'action, de deux sortes : *libre* ou *à force constante.* Dans les deux cas il est, suivant l'organe qui sert de transmetteur, à chevilles, à ancre, à cylindre, à palettes, etc. L'échappement à force constante est le meilleur. Le premier de ce genre fut inventé par Abraham Bréguet.

L'*isochronisme* ne peut s'obtenir qu'en réglant et en limitant l'amplitude de l'oscillation. Un grand nombre de dispositions diverses ont été employées: le

(1) Voir aussi l'article de M. Berlioz, tome VI, p. 288.

ressort, le *pendule satellite* et le *remontoir*. Par ce dernier moyen on a réalisé depuis plusieurs années le mouvement isochrone continu. Pour le balancier circulaire, l'isochronisme résulte du choix du ressort spiral. On connaît depuis une vingtaine d'années la théorie de notre savant académicien, M. Phillips, donnant la loi relative à la durée des vibrations d'un spiral isochrone. On est arrivé à fabriquer des spiraux pour montres et chronomètres qui restent identiques à eux-mêmes après avoir été chauffés et recuits au-dessus du bleu foncé; ces ressorts ainsi retrempés ne présentent aucune variation sensible dans leur élasticité. C'est sur ces trois points capitaux, *compensation*, *échappement* et *isochronisme*, qu'ont porté tous les progrès contemporains de l'horlogerie française et que s'est établie la supériorité incontestée de cette branche de notre industrie. L'application de l'électricité à l'horlogerie date de 1838 et 1841 en Angleterre et en Bavière. En France, elle remonte seulement à 1846.

Les produits de l'horlogerie se divisent en cinq séries:

1° La *grosse horlogerie*, comprenant les horloges publiques et monumentales avec leurs organes spéciaux : remontoirs, échappements, sonneries, aiguilles, cadrans, appareils d'éclairage de nuit, etc. ;

2° La *pendulerie*, comprenant la pendule de Paris, la pendule de cheminée et de voyage, la pendule-tableau, les habitacles, les huitaines diverses, les réveille-matin, les quantièmes, les jouets mécaniques, les lampes Carcel, les régulateurs, l'horlogerie électrique, les appareils télégraphiques, les compteurs divers, les boîtes à musique, etc. ;

3° La *petite horlogerie*, comprenant les montres de poche, les chronomètres de poche, les compteurs pour courses, les podomètres, etc.

Ces deux branches, pendules et montres, ont des concurrences sérieuses, particulièrement en Allemagne, en Amérique et en Suisse;

4° L'*horlogerie astronométrique* ou *chronométrie*, composée des montres marines, est d'une importance commerciale secondaire. Au point de vue scientifique et artistique, elle est très supérieure et n'a qu'un centre de concurrence sérieuse, à Londres;

5° Les *accessoires ou fournitures* comprennent une grande variété de produits : ressorts moteurs, spiraux, pierres fines pour chapes et échappements, machines-outils, cadrans, aiguilles, clefs, timbres, cloches, etc.

Il existe encore une espèce d'horlogerie fabriquée spécialement dans la Forêt-Noire : c'est la pendule en bois ou *coucou;* mais on n'en fabrique pas en France.

Le grand nombre d'organes qui composent ces délicates machines et la variété des modèles compliquent tellement cette fabrication spéciale qu'il existe à peine deux ou trois fabriques qui produisent de toutes pièces des montres ou des pendules; partout ailleurs le travail a été fractionné par séries d'organes analogues qui se fabriquent dans certains centres, tandis que, dans d'autres, on produit les pièces complémentaires; puis tous ces produits divers alimentent d'autres centres industriels plus importants, qui ne fabriquent pas, mais mettent en œuvre ce matériel compliqué auquel est donnée la forme commerciale.

L'horlogerie a six centres principaux de production ou de vente : Paris; Saint-Nicolas-d'Aliermont, près Dieppe; Cluses, dans la Haute-Savoie; Besançon, Montbéliard et Morez, situés tous les trois dans la Franche-Comté.

Paris est le principal centre pour la grosse horlogerie. On peut estimer à 2,500,000 francs le chiffre de la production annuelle.

Paris est encore le centre de la fabrication des pendules; les ateliers du Marais livrent chaque année 250,000 pendules et 300,000 *réveils*, *huitaines*, etc. Les ébauches ou blancs de ces pendules, fabriqués dans les usines des environs de Montbéliard, ou à Saint-Nicolas sont terminés, emboîtés et vendus à Paris.

C'est en même temps le grand marché pour les montres; il ne s'en fabrique pas, elles proviennent toutes de Besançon et de Suisse. La télégraphie est aussi de fabrication parisienne; quant au montage, les organes proviennent de Franche-Comté et de Saint-Nicolas; de même provenance sont les jouets mécaniques, les lampes Carcel, les compteurs, etc. On estime à 20 ou 22 millions la production annuelle de ces divers articles.

La chronométrie se maintient à Paris à un haut degré de perfection; elle emploie les ébauches de Saint-Nicolas. Le peu d'activité de notre marine marchande et la concurrence anglaise ont amené dans ces dernières années une décroissance de production sur cette spécialité.

Enfin, Paris est un grand centre de production d'accessoires d'horlogerie, tels que cadrans, ressorts, etc., fournis par plusieurs fabriques établies dans les départements de la Seine et de Seine-et-Oise.

La population horlogère comprend environ 2,000 patrons et 6,000 ouvriers (1); le produit total du salaire représente 7 millions de francs. Les salaires journaliers, variant pour les hommes de 4 à 10 et 12 francs et pour les femmes de 3 à 6 francs, ont augmenté de 10 % en vingt ans. Le travail est réglé à la tâche. La plupart des ouvriers travaillent chez eux. Les perfectionnements mécaniques de l'outillage ne sont sensibles que pour les ressorts et certains menus accessoires provenant des usines.

Saint-Nicolas-d'Aliermont (Seine-Inférieure) compte 2,300 habitants. Cette petite ville fut le berceau de l'horlogerie française à la fin du XVIIe siècle. On y fabrique les pendules d'appartement et de voyage, les huitaines et les réveils à bon marché. Une partie des ébauches est livrée à Paris; mais la plupart des produits sont terminés et exportés directement. L'une des fabriques livre des blancs de chronomètre aux divers horlogers parisiens de précision et elle en termine quelques-uns.

On compte pour une population aussi restreinte douze fabriques occupant 950 ouvriers, dont 500 hommes, 300 femmes et 150 enfants. La production annuelle est devenue plus active et présente une augmentation de 30 % depuis 1867. Il y a aussi progrès sur les moyens employés, car malgré une hausse de 20 % sur la main-d'œuvre les prix de vente ont baissé. 50,000 kilogrammes de cuivre sont annuellement transformés en mouvements d'horlogerie.

Cluse renferme une usine, plusieurs petits ateliers disséminés dans la localité ou aux environs. Un millier d'ouvriers y produisent des ébauches de montres, des pignons, des fraises à fendre. Une école importante d'horlogerie est subventionnée par le Gouvernement. La production est restée stationnaire depuis 1867 et maintient son chiffre d'affaires à 1,500,000 francs.

Besançon est le centre d'une importante fabrication de montres qui doit son origine à la Révolution française. En 1793, quatre cents artistes patriotes de Neufchâtel, expulsés de Suisse, réclamèrent l'hospitalité franc-comtoise et furent les fondateurs de cette industrie. Le succès de ces réfugiés ne fut pas immédiat; les annexions successives de Neufchâtel et de Genève à la France menacèrent pendant la durée de l'Empire l'existence de cette industrie naissante, qui eut encore à lutter pour son développement jusqu'en 1842. Depuis cette époque la fabrique de Besançon présentait successivement au contrôle: 54,192 montres en 1846; 160,165 montres en 1856; 305,405 montres en 1866; 455,968 montres en 1876. Ces chiffres mesurent les progrès accomplis.

Le nombre des patrons s'élève aujourd'hui à 191, celui des ouvriers à près de 16,000. L'industrie s'est propagée dans le département du Doubs au point d'en-

(1) La corporation des horlogers de Paris date de 1483; elle comprenait jadis 350 maîtres avec des ouvriers et des apprentis.

glober une population de 40,000 personnes occupées dans d'importants établissements ou à domicile.

A Besançon le travail manuel est surtout répandu ; le travail à la machine l'est beaucoup moins et pourra se développer lorsque la concurrence et l'élévation du taux de la main-d'œuvre l'exigeront. Les salaires varient de 3 à 10 fr. Ils sont moindres en dehors de la ville.

Les matières premières sont le laiton, l'or, l'argent, le nickel et l'acier.

En 1876 on a employé 35,000 kilogrammes de laiton, 15,000 kilogrammes d'argent, 5,000 kilogrammes d'or, soit une valeur de 19 millions de francs pour les deux métaux précieux.

La production de la même année a accusé 144,592 boîtes en or, 311,456 boîtes en argent, soit un total de 455,968 montres d'or et d'argent pour lesquelles le Trésor a encaissé 921,519^{f},97 cent., de droits de garantie.

L'importation qui, en 1868, avait fourni 94,529 montres, en a introduit seulement 56,850 en 1876. La situation de l'industrie des montres est très-prospère, et la fabrique de Besançon, qui fournit les 98 % de la production française, alimente la consommation nationale dans la proportion de 88,68 %.

La presque totalité des cadrans de montres se fabrique à Besançon ; on y établit des montres de choix avec des ébauches et des finissages de la vallée de Joux et du val de Travers. Cependant la fabrique de Besançon a fait de tels progrès depuis quelques années qu'elle produit directement des pièces d'horlogerie aussi bien finies que celles de Genève.

Une école d'horlogerie, créée en 1862 par un vote du conseil municipal, reçoit un crédit annuel de 20,000 francs. Le projet d'un observatoire d'horlogerie est à l'étude.

Morez, en Jura, possédait, depuis 1566, des forges et ateliers de ferronnerie ; l'horlogerie ne tarda pas à s'y développer pour la construction de l'horloge à poids dite *comtoise*, dont les produits s'écoulent depuis longtemps dans la France, la Suisse, l'Italie, l'Espagne et la Belgique.

La production annuelle est de :

70,000 horloges comtoises ; 30,000 tournebroches ; 20,000 pendules.

Morez fabrique encore la grosse horlogerie et principalement les horloges de clochers.

Le chiffre annuel de la production s'élève à environ 4 millions de francs. Les salaires sont faibles : 3 francs en moyenne pour les hommes et 1^{f},75 cent. pour les femmes. Les ouvriers travaillent chez eux. Les maisons de production n'ont que des comptoirs. Les produits sont à très-bas prix, chaque famille travaillant chez elle et pouvant utiliser tous les bras ; l'outillage est cependant très-peu perfectionné et sans progrès sensibles depuis 1866.

Morez fait le commerce de la montre ; il en tire 20,000 par an de Besançon et de Suisse pour les expédier en France et en Espagne. L'introduction d'une nouvelle industrie, celle de la lunetterie, a amené une augmentation de 15 % dans le prix de la main-d'œuvre.

Montbéliard avec ses environs (Beaucourt, Berne, Seloncourt, Charmont) est le centre de production d'horlogerie le plus important, sinon au point de vue de la valeur vénale des produits, du moins eu égard à la quantité des pièces fabriquées.

Il y a près d'un siècle que la première maison d'horlogerie a été fondée dans cette contrée ; aujourd'hui, ses usines alimentent d'ébauches et de mouvements de montres et de pendules les fabriques de Besançon et de Paris, et même celles de la Suisse.

La partie mécanique a pris un développement considérable ; le nombre des machines-outils est très-important, et depuis quelque temps, certaines usines

produisent une horlogerie toute finie rivalisant de bon marché avec les produits américains et allemands.

Le pays de Montbéliard livre annuellement 120,000 douzaines de mouvements de montres, dont les trois quarts sont expédiés en Suisse et le reste à Besançon, et 400,000 mouvements de pendules et mouvements divers employés et terminés pour la plupart à Paris.

Il existe encore dans les environs une importante fabrique de boîtes à musique possédant un outillage très perfectionné et un grand nombre de petits ateliers livrant annuellement 18,000 échappements à ancre ou à cylindre employés à Paris et à Saint-Nicolas.

On compte 8,000 ouvriers; le salaire moyen des hommes est de 4 francs, celui des femmes de 2 francs, et celui des enfants de 1f,50 cent. La production totale atteint 9 millions de francs, en augmentation de 25 % depuis 1867.

Les accessoires d'horlogerie occupent divers centres souvent distincts de ceux dont on a parlé plus haut. C'est ainsi que les *canons* de clefs de montres se fabriquent dans trois communes de l'arrondissement de Lure (Haute-Saône); cette fabrication fournit au monde entier. L'introduction dans la montre de la disposition dite *remontoir* ou clef fixe, placée à la queue de la montre, commence à être assez répandue pour exercer une diminution sensible dans la production des canons.

Le verre de montre se fabrique à Trois-Fontaines (Meurthe-et-Moselle); les usines occupent 600 hommes et 400 femmes. L'importance de la fabrication annuelle, qui fait face à la consommation du monde entier, s'élève à une valeur de plus de 1 million de francs, dont 700,000 pour la main-d'œuvre seule. Les prix de revient sont dignes de fixer l'attention. La grosse (144) de verres de première qualité revient à 9 francs. On produit plus d'un million de ressorts à Paris et aux environs; un quart de la fabrication s'emploie en France, en Espagne, en Italie et en Hollande, les trois quarts en Angleterre, en Amérique et en Allemagne. On emploie à cette fabrication environ 80,000 kilogrammes d'acier.

Les matières premières sont: le laiton, dans la proportion de 1,200,000 kilogrammes; le fer, qui provient des usines franc-comtoises; l'acier, le nickel, les métaux précieux, l'or, l'argent, le platine, pour la somme de 20 millions; les rubis et les grenats, etc.; la main-d'œuvre entre, en général, pour 50 % dans la valeur des produits de l'horlogerie.

Production française actuelle:

Paris pour	22,000,000f environ.
Saint-Nicolas	1,500,000
Cluses	1,500,000
Besançon	24,000,000
Morez	4,000,000
Montbéliard	9,000,000
Soit un total de	62,000,000

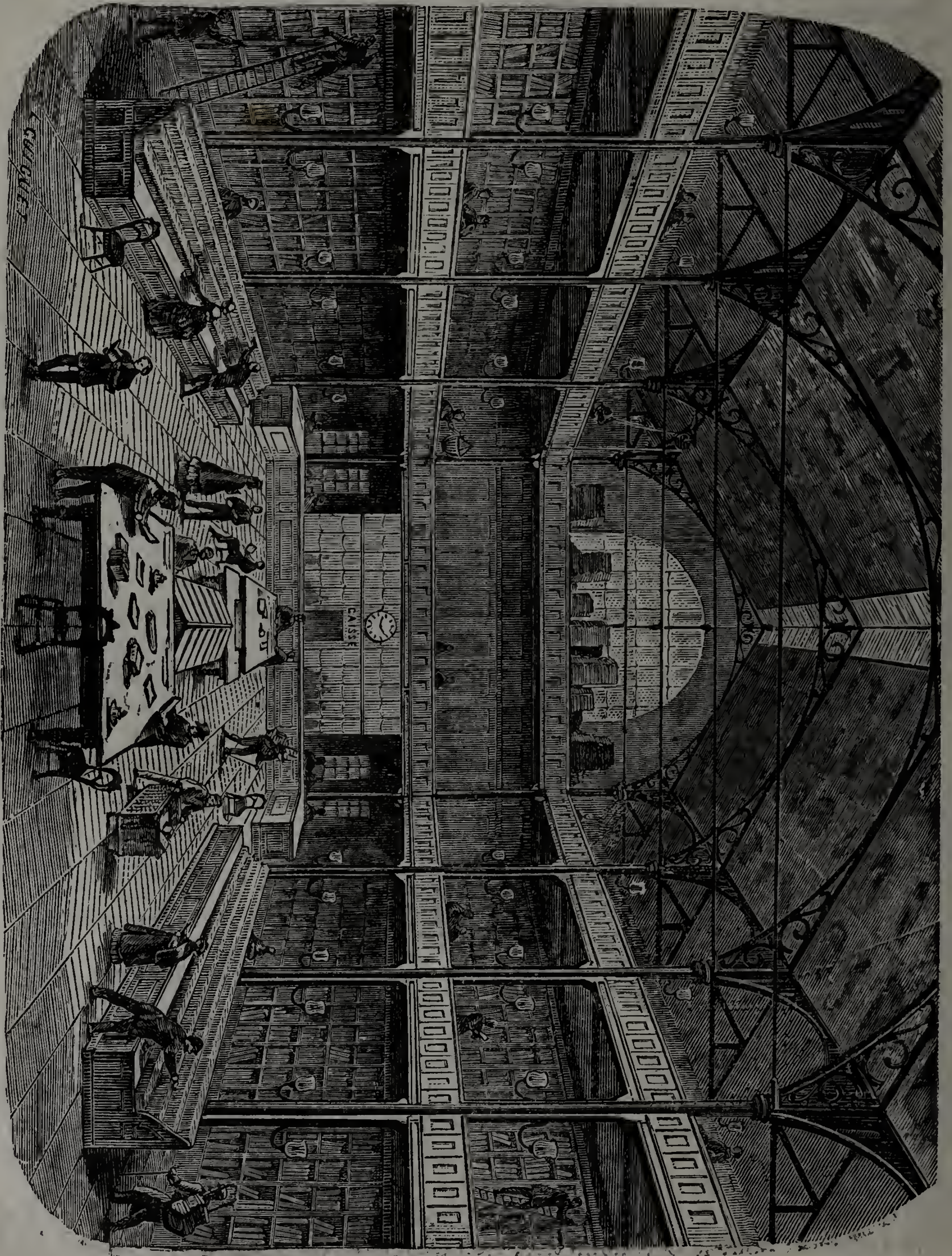
L'augmentation d'affaires est de 25 % depuis 1867. Dans la dernière période décennale, la production a augmenté de 30 %; il y a donc abaissement de prix dans les produits, et aujourd'hui les montres et les horloges sont à la portée des bourses les plus modestes.

Les concurrences étrangères sont, pour les montres: la Suisse, les États-Unis et Londres; pour la chronométrie, Londres; pour la pendule, les États-Unis et l'Allemagne.

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

EUGÈNE LACROIX, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Maison fondée en 1827 par A. MATHIAS, quai Malaquais, n° 15; transférée en 1869, 54, rue des Saints-Pères, près le boulevard Saint-Germain.



Vue intérieure de la Librairie.

Paris. — Imprimerie et librairie de E. LACROIX, rue des Saints-Pères, 54.

